

NURMISÄILÖREHUN KORJUUKERRAN VAIKUTUS LYPSELEH- MIEN MAIDONTUOTANTOON

Saara Nikander
Maisterintutkielma
Helsingin yliopisto
Maataloustieteiden laitos
Kotieläinten ravitsemus-
tiede
2018

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY
OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta		Laitos — Institution — Department Maataloustieteiden laitos	
Tekijä — Författare — Author Saara Nikander			
Työn nimi — Arbetets titel — Title Nurmisäilörehun korjuukerran vaikutus lypsylehmien maidontuotantoon			
Oppiaine — Läroämne — Subject Kotieläinten ravitsemustiede			
Työn laji — Arbetets art — Level Maisterintutkielma		Aika — Datum — Month and year Helmikuu 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 42 s.
Tiivistelmä/Referat — Abstract Suomessa nurmirehujen korjuu tapahtuu tyypillisesti kaksi tai kolme kertaa kasvukauden aikana riippuen maantieteellisestä sijainnista, mutta ilmastomuutoksen myötä kasvukauden pidentyessä kolmen niiton strategiaa voidaan käyttää koko ajan pohjoisempana. Saman kasvukauden aikaisia saman nurmilohkon ensimmäisen, toisen ja kolmannen niittokerran säilörehujen tuotantovaikutuksia vertailevia tutkimuksia on tehty hyvin vähän ja pääasiassa vain Suomessa. Maitotiloilla nurmentuotantoa rajoittavana tekijänä voi olla tilojen käytössä oleva peltopinta-ala. Korjaamalla kolme nurmisatoa satokauden aikana saadaan korkea nurmisato ja sulavuudeltaan hyvää rehua. Tutkimuksen tavoitteena oli mitata kolmannen niiton rehun (N3) vaikutuksia lypsylehmien maitotuotokseen ensimmäisen (N1) ja toisen niiton (N2) rehuihin verrattuna. Tutkimuksen hypoteesina oli, että aikaisempien tulosten perusteella kolmannen niiton rehun D-arvo on korkea mutta maidontuotantoarvo ei vastaa niiton energia-arvoa. Tutkimus oli osa Luonnonvarakeskuksen Nurmet Rahaksi -hanketta. Säilörehut valmistettiin timotei-nurminatakasvuston ensimmäisestä, toisesta ja kolmannelta nurmisadosta. Koe suoritettiin seosrehuruokintana 2-jaksoisena cross over- mallilla. Kokeessa oli 42 lehmää, jotka oli jaettu kolmeen ryhmään ruokinnan perusteella. Lehmien syöntiä ja maitotuotosta mitattiin päivittäin, maitonäytteet otettiin molempien jaksojen keruuviikkona kahtena päivänä ja rehunäytteet otettiin seosrehun teon yhteydessä kemiallisia analyysejä varten. Ensimmäisen niiton rehu oli jälkikasvurehuja kuivempaa, ja sen D-arvo oli suurempi, minkä takia sitä syötiin enemmän kuin molempia muita rehuja ja maitotuotos sekä energiakorjattu maitotuotos (EKM) olivat suurempia kuin N2-ruokinnalla. N3-rehun D-arvo oli lähes yhtä suuri kuin N1-rehussa ja rehu sisälsi muita rehuja vähemmän kuitua. Osittain märkyyteen liittyen säilörehua syötiin N3-ruokinnassa vähemmän kuin N1- ja N2-ruokinnoissa. Lisäksi N3-ruokinnassa säilörehun syönti oli pienempää kuin N2-ruokinnassa, vaikka N2-rehun syönti-indeksi oli kaikista niitoista pienin. Kuitenkin N3-ruokinnalla maitotuotos oli yhtä suuri N1-ruokinnan kanssa johtuen N3-rehun laskennallisesti korkeasta muuntokelpoisen energian (ME) hyväksikäytöstä maidontuotantoon. N3-ruokinnassa lehmien EKM-tuotos oli pienempi kuin N1-ruokinnassa, koska N3-ruokinnassa maidon rasvapitoisuus oli N1-ruokintaa pienempi. N2-ruokinnassa lehmien maitotuotos oli muita ruokintoja pienempi, mikä oli odotettavissa N2-rehun muita rehuja pienemmän D-arvon perusteella. ME:n hyväksikäyttö maidontuotantoon oli N2- ja N3-ruokinnoissa parempi N1-ruokintaan verrattuna. Rehun tyypeä käytettiin maidontuotantoon tehokkaammin N3-ruokinnassa kuin muissa ruokinnoissa, ja maidon ureapitoisuus oli N3-ruokinnassa muita ruokintoja pienempi. N3-ruokinnassa rehun syönti oli pienempää, mitä oli odotettavissa D-arvon ja syönti-indeksin perusteella. N1- ja N3-ruokinnoissa lehmien maitotuotos oli yhtä suuri. N3-ruokinnassa maitoa tuotettiin enemmän kuin N2-ruokinnassa. EKM-tuotos oli pienempi N3-ruokinnassa kuin N1-ruokinnassa, koska maidon rasvapitoisuus oli pienempi N3-ruokinnassa kuin N1-ruokinnassa. Pienempään maidon rasvapitoisuuteen N3-ruokinnassa vaikutti pienempi rehun syönti ja ME:n saanti kuin N1-ruokinnassa. ME:n hyväksikäyttö oli N3-ruokinnassa parempi kuin N1-ruokinnassa. Tämän takia N3-ruokinnassa maitotuotos oli parempi kuin oli odotettavissa syönnin perusteella. Tulosten perusteella N3-rehua voidaan käyttää hyvin maidontuotannossa.			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Säilörehu, niittokerta, lypsylehmä, maitotuotos			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Maataloustieteiden laitos ja Viikin kampuskirjasto			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Työtä ohjasivat: Yliopistonlehtori Seija Jaakkola, Helsingin yliopisto Erikoistutkija Auvo Sairanen, Luonnonvarakeskus			

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY
OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty Faculty of Agriculture and Forestry		Laitos — Institution — Department Department of Agricultural Sciences	
Tekijä — Författare — Author Saara Nikander			
Työn nimi — Arbetets titel — Title The effect of silage harvesting season on milk production of dairy cows			
Oppiaine — Läroämne — Subject Animal nutrition science			
Työn laji — Arbetets art — Level Master's thesis		Aika — Datum — Month and year February 2018	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages 42 p.
<p>Tiivistelmä — Referat — Abstract</p> <p>In Finland grass is typically harvested two to three times under growing season depending on geographic location. Climate change will length growing season and three harvest strategy will be also more and more common in the northern part of Finland. There are only few studies made mainly in Finland that have compared silages of three harvest time made from same grass field under same growing season and their influence to milk production. In dairy farms grass field area can be the factor limiting the grass production. When using three harvest times in same growing season high silage yield and D-value can be achieved. The goal of this study was to compare milk production effects of third harvest (H3) to first (H1) and second harvest (H2). It was hypnotized based on earlier studies that D-value of H3-silage was high but the milk production value does not correspond the energy value of the silage. The study was a part of Natural Resources Institutes Finland's Nurmet Rahaksi- project. The silages were made from H1-, H2 and H3 timothy-meadow fescue grass yield. The experiment was conducted by total mixed ration (TMR) and included two periods in which cross over- model was used. In the experiment there were 42 dairy cows that were divided into three groups. Intake and milk production of cows were measured daily and milk samples were taken in two days of both sampling periods. Feed samples were taken for chemical analyses at the time of TMR making.</p> <p>H1-silage had higher dry matter (DM) and D-value compared to H2- and H3-silages and that's why intake of H1-silage were higher than both other silages. Milk production and energy corrected milk production (ECM) were also higher in H1-diet than in H2-diet. H3-silage had high D-value and lower fiber content compared to other silages. Low DM was one factor why intake of H3-diet was smaller than in H1- and H3-diets. In addition intake in H3-diet was smaller than in H2-diet, although silage intake index of H2-diet was smallest. However in H3-diet milk production were as high as in H1-diet. This was caused by more efficient utilisation of metabolizable energy (ME) to milk production in H3-diet than in H1-diet. Although milk production in H1- and H3-diets were as high ECM-production in H3-diet was lower than in H1-diet because of lower milk fat content in H3-diet compared to H1-diet. In H2-diet milk production was lower than in H1- and H3-diets. This was expected based on lower D-value in H2-diet than in other diets. Utilisation of ME to milk production were higher in H2- and H3-diets compared to H1-diet. Utilisation of nitrogen to milk production was more effective in H3-diet compared to other diets.</p> <p>In H3-diet silage intake was smaller than was expected based on D-value and silage intake index. In H1- and H3-diets milk production was as high as high. In H3-diet milk production was higher than in H2-diet. ECM was smaller in H3-diet than in H1-diet because of lower milk fat content in H3-diet. Lower milk wat content in H3-diet was influenced by smaller silage intake and ME-intake than in H1-diet. ME-utilisation was better in H3-diet that was expected by intake. Based on results H3-silage can be used well in milk production.</p>			
Avainsanat — Nyckelord — Keywords Grass silage, harvest time, dairy cow, milk production			
Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited Department of Agricultural Sciences and Viikki Campus Library			
Muita tietoja — Övriga uppgifter — Further information Supervisor(s): University Lecturer Seija Jaakkola, University of Helsinki Senior Scientist Auvo Sairanen, Natural Resources Institute Finland			

SISÄLLYS

LYHENTEET	5
1 JOHDANTO	6
2 NURMISATOJEN KOOSTUMUS JA MAIDONTUOTANTO.....	6
2.1 Niittoajankohta.....	6
2.2 Jälkisatojen kemiallisen koostumuksen muutokset.....	7
2.2.1 Ympäristötekijät.....	7
2.2.2 Kemiallinen koostumus.....	8
2.3 Rehujen syönti.....	9
2.4 Ravintoaineiden saanti.....	12
2.5 Maitotuotos.....	13
2.6 Rehuhyötysuhde.....	13
3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET	14
4 AINEISTO JA MENETELMÄT	14
4.1 Tutkimuksen toteutus	14
4.1.1 Koerehujen tuotanto.....	14
4.1.2 Koelehmät.....	15
4.1.3 Koeasetelma ja ruokinta.....	16
4.1.4 Kokeelliset mittaukset ja kemialliset analyysit.....	17
4.2 Tilastollinen analyysi ja laskelmat.....	19
5 TULOKSET	22
5.1. Nurmen satotaso ja rehujen kemiallinen koostumus	22
5.2 Koerehujen syönti.....	25
5.3 Maitotuotos ja maidon pitoisuudet.....	26
5.4 Rehujen hyväksikäyttö.....	26
6 TULOSTEN TARKASTELU	27
6.1 Säilörehujen kuiva-ainesato	27
6.2 Rehujen käymislaatu	28
6.3 Säilörehujen kemiallinen koostumus	29
6.3.1 Kuiva-aine.....	29
6.3.2 Sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa (D-arvo).....	30
6.3.3 Kuitu	30
6.4 Säilörehujen syönti.....	31
6.5 Maitotuotos ja maidon pitoisuudet.....	32
6.6 Rehujen hyväksikäyttö.....	34
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	35
LÄHTEET	36

LYHENTEET

N1 Ensimmäinen nurmisato

N2 Toinen nurmisato

N3 Kolmas nurmisato

NDF Neutraalidetergenttikuitu

EKM Energiakorjattu maitotuotos

ME Muuntokelpoinen energia

SEM Keskiarvon keskivirhe

OIV Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen

PVT Pötsin valkuaistase

VFA Haihtuvat rasvahapot

NAN Ei-ammoniakkityppi

NDS Neutraalidetergenttiin liukenevien aineiden määrä

iNDF Sulamaton kuitu

ADF Happodetergenttikuitu

1 JOHDANTO

Suomessa kasvukauden aikana nurmirehujen korjuu tapahtuu tyypillisesti 2-3 kertaa riip-puen maantieteellisestä sijainnista. Koska Suomen sisällä kasvukauden pituudessa on suuria vaihteluita, ei kolmea niittoa voida käyttää varmuudella kuin vain eteläisimmässä Suomessa. Keski- ja Pohjois-Suomessa niittoa on yleisesti kaksi. Ilmastonmuutoksen myötä kasvukasi Suomen leveyspiirillä pidentyy, jolloin kolmen niiton strategiaa voidaan käyttää koko ajan pohjoisempana. Kolmen niiton strategian käyttö on muualla maailmassa melko harvinaista, mutta Suomen kanssa saman leveyspiirin Ruotsissa ja Norjassa korjataan tietyissä paikoissa myös kolme satoa kasvukauden aikana. Ruotsin eteläosissa puolestaan on mahdollista korjata sato neljä kertaa kasvukauden aikana. Eteläisimmissä maidontuotantomaissa sen sijaan rehu korjataan yli kolme kertaa vuodessa ja Keski-Euroopassa, kuten esimerkiksi Hollannissa, korjuukertoja voi olla kuusi.

Maitotilat perinteisesti panostavat hyvin sulavan ensimmäisen niiton nurmisäilörehun te-koon ja onnistumiseen. Ensimmäisen niiton säilörehusta on tehty myös paljon ruokinta-kokeita, joiden tuloksena säilörehujen rehuarvo maidontuotannossa tunnetaan hyvin (Rinne 2000, Khalili ym. 2005, Vanhatalo ym. 2009, Kuoppala ym. 2010). Saman kas-vukauden aikaisia saman nurmilohkon ensimmäisen, toisen ja kolmannen niittokerran säilörehujen tuotantovaikutuksia vertaavia tutkimuksia on tehty hyvin vähän ja pääasiassa vain Suomessa.

Lehmien sisäruokintakaudeksi on tuotettava riittävästi rehua varastoon. Lisäksi maitoti-lojen tuotantoa rajoittavana tekijänä voi joissain tilanteissa olla tilojen käytössä oleva pel-topinta-ala. Kolmen niiton strategiaa käytettäessä on mahdollista tuottaa sekä suuri sato että hyvin sulavaa rehua (Hyrkäs ym. 2015).

2 NURMISATOJEN KOOSTUMUS JA MAIDONTUOTANTO

2.1 Niittoajankohta

Kolmen niiton strategian onnistumisen kannalta on niittojen ajankohdan etukäteissuun-nittelu tärkeää (Hyrkäs ym. 2012). Niittojen ajoitus vaikuttaa sekä yksittäisten satojen että kasvukauden kokonaissadon määrään ja laatuun (Hyrkäs ym. 2012). Aikaisin korjattu en-simmäisen niiton rehu on hyvin sulavaa, jolloin toisen niiton rehun osuus suurenee ja

sulavuus laskee (Hyrkäs ym. 2012, Sairanen ja Juutinen 2012). Lisäksi Gustavsson ja Martinsson (2004) totesivat, että ensimmäisen niiton korjuun viivästyttäminen vähensi toisen niiton rehun kasvuaikaa, ja johti pienempään satoon ja lyhyempään kasvustoon toisessa niitossa. Rehujen korjuuajankohtaan vaikuttaa kasvukauden sääolosuhteet sekä se, käytetäänkö kahden voi kolmen niiton strategiaa. Hyrkään ym. (2012) mukaan ensimmäisen niiton rehun korjuu on tavoitteellisesti hyvä ajoittaa kesäkuun alkuun, jotta D-arvo ei laske liian alas. Tällöin rehun D-arvoa ei tarvitse kompensoida väkirehutasoa nostamalla. Lisäksi syksyllä on mahdollista korjata kolmas sato. Hyrkäs ym. (2012 ja 2016) totesivat, että toisen niiton rehu on hyvä korjata heinäkuun puolessa välissä, jotta sadon sulavuus paranisi ja kolmannen niiton sato ei jäisi liian pieneksi. Kolmannen niiton rehun korjuu tapahtuu syyskuun alussa, koska myöhemmin sääolosuhteet voivat aiheuttaa ongelmia rehun korjuuseen. Erityisesti lokakuussa ongelmana voi olla liian märkä pelto ja nurmen niittovauriot. Lisäksi rehun esikuivatus on vaikeampi toteuttaa päivänpituuden lyhentyessä.

Käytännössä satojen tavoitteellisia korjuuaikoja joudutaan muuttamaan kasvukauden sääolosuhteiden mukaan. Esimerkiksi viileässä säässä nurmen hehtaarisato lisääntyy ja nurmi kehittyy hitaammin, jolloin korjuuaikaa voidaan siirtää myöhemmäksi. Kasvupäivien määrä tai korjuuajankohta eivät ole vaikuttaneet enää merkittävästi kolmannen niiton rehun ravintoarvoon tai hehtaarisatoon (Hyrkäs ym. 2015 ja 2016). Tämä johtuu siitä, että syksyllä päivittäiset muutokset D-arvossa, kuiva-ainesadossa, tehoisan lämpötilan summassa sekä säteilyssä ovat olleet hyvin pieniä (Hyrkäs ym. 2015 ja 2016).

2.2 Jälkisatojen kemiallisen koostumuksen muutokset

2.2.1 Ympäristötekijät

Nurmet koostuvat hyvin sulavista varastoravintoaineista sekä ravintoarvoa heikentävästä ja huonosti sulavasta tukisolukosta (Van Soest 1994, s. 77). Nurmikasvien kasvuun, ravintoarvoon ja koostumukseen vaikuttavat esimerkiksi maaperä, sää ja taudit, kasvilaji, kasvuaste, orgaanisen aineen sulavuus sekä ympäristötekijät (Van Soest 1994, s. 77, McDonald ym. 2011, s. 482-489). Ympäristötekijät voidaan jakaa varastoravinteisiin tai rakenteisiin vaikuttaviin tekijöihin (Van Soest 1994, s. 77, 80). Näitä tekijöitä ovat lämpötila, valo, vesi, lannoitus sekä maaperä (Van Soest 1994, s. 77, 80).

Päivälämpötilan nousu lisää nurmen neutraalidetergenttikuidun (NDF) ja happodetergenttikuidun (ADF) pitoisuutta sekä hemiselluloosan osuutta soluseinämärakenteissa (Thorvaldsson ym. 2007, Lee ym. 2017). Sairanen ym. (2016) totesivat, että ensimmäisen ja toisen niiton rehujen NDF-pitoisuuteen vaikuttivat säteilyn määrä, lämpötilasumma sekä edellisen sadon korjuuaika. Viileämpinä kesinä nurmen NDF-pitoisuus oli pienempi, jolloin niittoa voitiin viivästyttää ilman nurmen liiallista kehittymistä. Valoisissa olosuhteissa soluseinäkomponenttien osuus vähenee ja nurmien typpitaso pienenee (Van Soest 1994, s. 80-81). Tämä johtuu typen aineenvaihdunnan kiihtymisestä (Van Soest, s. 80-81). Alhaiset lämpötilat edistävät typen kerääntymistä kasveihin ja nurmien raakavaluaipitoisuus lisääntyy (Van Soest 1994, s. 80-81, Lee ym. 2017). Korkeat lämpötilat sen sijaan lisäävät sokereiden käyttöä aminohappojen ja proteiinien muodostamiseen (Van Soest 1994, s. 80-81, Lee ym. 2017).

Ensimmäisen niiton rehun kehityksessä päivälämpötilojen noustessa ja kasvuston vanhetessa hiilihydraattien määrä sekä ligniinin pitoisuus lisääntyvät. Korkeissa lämpötiloissa lignifioituminen lisääntyy, jolloin toisessa nurmisadossa soluseinän sulavuus ja nurmen laatu heikentyvät jo aikaisemmassa kasvuvaiheessa. Syksyn alempien lämpötilojen takia kolmannessa niitossa nurmien kehitys jää vegetatiiviseen kasvuasteeseen eikä lignifioitunutta kasvisolukkoa muodostu. (Van Soest 1994, s. 84-85)

Keskikesän lämpimän ja kostean sään takia toisen niiton rehu voi sisältää enemmän kuollutta ainesta ja kasvuston mikrobiologinen laatu voi olla muita niittoja huonompi (Huh-
tanen ym. 2007, Kuoppala ym. 2008). Hyrkäs ym. (2012) totesivat, että pellon maalaji vaikuttaa nurmien kehitysrytmiin ensimmäisessä niitossa. Eloperäisten maiden nurmikasvuston kehitysrytmi oli hitaampi verrattuna kivennäismaiden nurmiin. Tällöin eloperäisten maiden nurmi voitiin korjata myöhemmin kuin kivennäismaiden nurmi. Hyrkäs ym. (2016) raportoivat, että kasvukauden aikana pellon kosteudessa oli eroja sääoloista riippuen. Kuivina kesinä maa oli liian kuivaa ja sateisina syksyinä vaarana oli pellon liiallinen kosteus.

2.2.2 Kemiallinen koostumus

Ensimmäisessä niitossa D-arvo on vaihdellut 679-708 g/kg ka, toisessa niitossa 624-668 g/kg ka ja kolmannessa niitossa 671-738 g/kg ka välillä (Taulukko 1). Kolmannen niiton rehun D-arvo on ollut suurempi kuin ensimmäisen ja toisen niiton rehujen (Heikkilä ym.

1998, Sairanen ja Juutinen 2012, Hyrkäs ym. 2012, Salo ym. 2014, Huuskonen ja Pesonen 2017). Niiton viivästyttäminen laskee sääolosuhteista riippuen D-arvoa päivässä 3,8-5,9 g/kg ka (Rinne 2000, Sairanen ja Juutinen 2012).

Eri tutkimuksissa on ollut vaihtelua nurmien NDF-pitoisuudessa pääsadon ja jälkisatojen välillä (Taulukko 1). Ensimmäisen niiton NDF-pitoisuus on vaihdellut 536-598 g/kg ka, toisen niiton 524-560 g/kg ka ja kolmannen niiton 459-529 g/kg ka välillä. Kolmannen niiton rehun NDF-pitoisuus on pääsääntöisesti pienempi kuin ensimmäisen ja toisen niiton rehujen. Lisäksi ensimmäisen niiton rehun NDF-pitoisuus on ollut toisen niiton rehua suurempi (Heikkilä ym. 1998, Kuoppala ym. 2004, Kuoppala ym. 2008, Sairanen ja Juutinen 2012, Salo ym. 2014, Pang ym. 2016, Huuskonen ja Pesonen 2017). Kaikissa kolmessa niitossa korjuun viivästyttäminen on johtanut NDF-pitoisuuden lisääntymiseen (Kuoppala ym. 2004, Kuoppala ym. 2008, Hyrkäs ym. 2016, Pang ym. 2016).

Nurmisadon korjuun viivästyessä raakaproteiinipitoisuus, neutraalidetergenttiin liukenevien aineiden määrä (NDS) ja kasvuston lehtevyys vähentyvät mutta korren osuus, NDF:n, iNDF:n, ADF:n, hemiselluloosan, ligniinin pitoisuudet sekä korsi-lehti suhde lisääntyvät (Van Soest 1994, s. 86, Rinne 2000, Thorvaldsson ym. 2007, Kuoppala ym. 2009, Vanhatalo ym. 2009, Waghorn ja Clark 2011, Hyrkäs ym. 2012).

Ensimmäisen niiton rehun raakavalkuaispitoisuudet ovat olleet suuremmat molempiin jälkikasvurehuihin verrattuna (Rinne 2000, Kuoppala ym. 2008, Waghorn ja Clark 2011, Sairanen ja Juutinen 2012, Salo ym. 2014, Hyrkäs ym. 2016). Nurmien maasta ottama typpimäärää ja valkuaispitoisuus ovat riippuvaisia maan käyttökelpoisen typen pitoisuudesta, johon vaikuttaa nurmelle annettava lannoitus (Rinne 2000, Salo ym. 2014). Van Soestin (1994, s. 83) mukaan typpi vaikuttaa nurmien koostumukseen, ja sen avulla voidaan lisätä proteiinipitoisuutta ja satoa.

2.3 Rehujen syönti

Säilörehun kuiva-aineen sekä sulavan orgaanisen aineen syöntiä lisäävät rehun suuri kuiva-ainepitoisuus ja D-arvo, pieni NDF-pitoisuus, hyvä rehun käymislaatu sekä nuori nurmikasvusto (Van Soest 1994, s. 225, Rinne 2000, Huhtanen ym. 2002, Kuoppala ym. 2004, Huhtanen ym. 2007, Kuoppala ym. 2009, Vanhatalo ym. 2009). Syönti on lisään-

tynyt, kun rehujen D-arvo suurenee (Allen 1996, Rinne 2000, Huhtanen ym. 2002, Huhtanen ym. 2007, McDonald ym. 2011, s. 468). Esimerkiksi D-arvon suurentuessa 10 g/kg ka kuiva-aineen syönti on lisääntynyt 0,17-0,21 kg (Huhtanen ym. 2002, Rinne ym. 2008, Sairanen ja Juutinen 2012). Kun säilörehun pH ei ole liian korkea, rehun kuiva-ainepitoisuuden lisääntyminen muista tekijöistä riippumatta lisää kuiva-aineen syöntiä (Van Soest 1994, s. 225, Huhtanen ym. 2007).

Ensimmäisen niiton ruokinnassa syönti on ollut suurempaa muihin ruokintoihin verrattuna (Taulukko 1), mutta kolmannen niiton ruokinnassa rehua on syöty vähemmän kuin toisen niiton ruokinnassa (Heikkilä ym. 1998, Kuoppala ym. 2004, Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2008, Sairanen ja Juutinen 2013, Sairanen ym. 2016, Pang ym. 2016). Yleisesti sitä rehua on syöty eniten, minkä D-arvo on ollut suurin (Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2008, Pang ym. 2016, Huuskonen ja Pesonen 2017).

Rehujen NDF-pitoisuus vaikuttaa säilörehun syöntiin vähemmän kuin rehujen D-arvo (Huhtanen ym. 2002 ja 2007). Toisaalta McDonaldin ym. (2011, s. 469) mukaan D-arvoltaan samanlaisista rehuista eniten syötiin sitä, jonka NDF-pitoisuus oli pienin. Jälkikasvuruokintojen pienempi syönti ensimmäisen niiton ruokintaan verrattuna ei johdu pötsin täyteisyydestä tai fyysisistä rajoitteista (Huhtanen ym. 2007, Kuoppala ym. 2010). Säilörehujen koostumus eikä NDF:n virtaus- ja sulatuskinetiikka ruoansulatuskanavassa myöskään vähennä jälkikasvurehujen syöntiä vaan fyysisten ja metabolisten rajoitteiden yhdysvaikutukset (Huhtanen ym. 2007, Kuoppala ym. 2010).

Hyvin sulavaa säilörehua ei välttämättä ole syöty yhtä paljon kuin on odotettu fermentaation aikana muodostuvien toksisten aineiden ja fermentaatiotuotteiden takia (Van Soest 1994, s. 225, Huhtanen 2007, McDonald ym. 2011, s. 470-471). Tämän takia kasvuston vanhenemisen vaikutuksia syöntiin on mahdollista ali- tai yliarvioida (Rinne 2000). Fermentaatiota kuvaavista parametreista säilörehun kokonaishappopitoisuuden avulla voidaan parhaiten arvioida kuiva-aineen syöntiä (Huhtanen ym. 2007). Ammoniumtyppipitoisuuden, kokonaishappojen, maitohapon ja haihtuvien rasvahappojen (VFA) pitoisuuksien lisääntyminen vähentävät syöntiä (Huhtanen ym. 2002, McDonald ym. 2011, s. 471). Lisäksi suuri happopitoisuus heikentää maittavuutta ja pötsimikrobit saavat liian vähän energiaa (Van Soest ym. 1994, s. 225). Käymishappojen lisääntyessä 10 g/kg ka, syönti on vähentynyt 0,128 kg (Rinne 2008).

Taulukko 1. Eri tutkimusten tuloksia eri niittojen koostumuksesta ja niittojen vaikutuksista rehujen syöntiin, maitotuotokseen ja elopainoon.

Viite	Niitto	Niittopvm	Kasvupäivät	NDF, g/kg ka	D-arvo, g/kg ka	Ka- syönti kg/pv	EKM, kg/pv	ME, MJ/kg ka
Huuskonen	1.	25.6		592	701	11,5	2097*	11,2
ja Pesonen (2017)	2.	11.8	47	533	685	10,4	1883*	11,0
Lihautatutkimus	3.	3.10	53	446	740	11,6	2082	11,8
Kuoppala ym.	1a.	5.6	46	498	704	17,4	35,4	11,3
(2008)	1b.	17.6	58	594	644	13,8	36,6	10,3
	2a-aik.	29.7	54	534	659	13,0	29,3	10,5
	2b-aik.	29.7	42	541	609	12,9	31,0	9,7
	2a-myöh.	12.8	68	518	664	13,7	28,0	10,6
	2b-myöh.	12.8	56	530	629	13,7	29,1	10,1
Heikkilä ym.	1.	17.6		561	655	14,3	30,1	10,5
(1998)	3.	21-22.9	96	470	688	12,3	28,2	11,0
Sairanen	1.			563	679		33,0	
ja Juutinen	2.			549	663		33,5	
(2012)	3.			529	700		32,5	
	2.			560	624		28,8	
	3.			497	671		29,6	
Hyrkäs ym.	1.				697			
(2012);	2.		35-45		700			
Maaninka	3.		77		733			
Hyrkäs ym.	1.				735			
(2012);	2.		38-49		668			
Ruukki	3.				731			
Sairanen	1.	12.6				13,4	33,8	
ja Juutinen	2.	26.7				13,2	34,4	
(2013)	3.	4.9				12,4	33,3	
	2.	26.7				12,9	29,3	
	3.	4.9				13,0	30,1	
Sairanen ym.	2. aik.	24.7				11,4	31,9	10,4
(2016)	2. myöh.	6.8				11,7	29,6	9,8
	3.	1.9				10,7	31,2	10,9
Hyrkäs ym.	3.	28.8	26	434	682			
(2016)	3.	13.9	51	494	716			
	3.	11.10	77	561	758			
Pang ym.	2a-aik.	22.7	44	523	747	22,4	31,3	
(2016)	2b-aik.	5.8	55	557	694	21,2	28,6	
	3.	3.9	28	459	738	20,8	31,2	
	2a-myöh.	6.8	43	556	702	20,3	29,7	
	2b-myöh.	2.9	26	524	660	20,6	27,6	
Khalili ym.	1.	16-17.6		536	708	10,8	32,4	11,3
(2005)	2.	20-21.8	64	579	627	9,4	30,6	10,0
Kuoppala ym.	1a.	5.6		498	704	13,8		11,3
(2004)	1b.	17.6		598	644	12,2		10,3

Taulukko 1. Jatkuu

	2b.	17.7	30	513	664	11,2	10,6
	2a.	12.8	68	538	609	10,6	9,7
Sairanen	2-aik.	24.7	45	516	680/650	11,4	31,9
(2017)	2-myöh.	6.8	58	545	646/612	11,7	29,6
	3.	1.9	39	485	692/681	10,7	31,2
Salo ym.	1.			552	683		
(2014)	2.			535	664		
	3.			523	670		

EKM = energiakorjattu maitotuotos, NDF = neutraalidetergenttikuitu, ME = muunto-kelpoinen energia MJ/kg ka, Ka-syönti= kuiva-aineen syönti kg, 1a= aikaisin niitetty ensimmäinen sato, 1b= myöhäistetty ensimmäinen niitto, 2a= aikainen toinen niitto, 2b= myöhäistetty toinen niitto, 2a-aik.= aikainen toinen niitto aikaisesta ensimmäisestä niitosta, 2a-myöh.= myöhäinen toinen niitto aikaisesta ensimmäisestä niitosta, 2b-aik.= aikainen toinen niitto myöhäisestä ensimmäisestä niitosta, 2b-myöh.= myöhäinen toinen niitto myöhäisestä toisesta niitosta.

2.4 Ravintoaineiden saanti

Nurmikasvin kasvuaste sekä säilörehun syönti vaikuttavat lypsylehmien ravintoaineiden saantiin ja käyttöön (Vanhatalo ym. 2009, McDonald ym. 2011, s. 485). Koska jälkikasvurehuja syödään vähemmän kuin ensimmäisen niiton rehua, myös useiden ravintoaineiden ja energian saanti on pienempää kuin ensimmäisen niiton rehusta (Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2010). NDF:n ja orgaanisen aineen virtaus verkkomahasta, sekä kuiva-aineen, orgaanisen aineen, raakaproteiinin ja NDF:n sulavuudet ovat jälkikasvurehuissa ensimmäisen niiton rehua pienemmät (Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2010).

Nurmikasvuston vanheneminen johtaa NDF:n ja iNDF syönnin lisääntymiseen, mutta orgaanisen aineen, NDF:n ja typen näennäiset sulavuudet pötsissä ja koko ruoansulatuskanavassa vähentyvät (Kuoppala ym. 2009, Kuoppala ym. 2010). Kuoppalan ym. (2010) mukaan ensimmäisen niiton rehun korjuun viivästyessä pötsin ammoniakkitypen ja VFA-pitoisuudet vähentyivät kuten myös typen, orgaanisen aineen ja neutraalidetergenttiin liukenevien aineiden saanti.

2.5 Maitotuotos

Säilörehun maidontuotantovaikutuksiin vaikuttavat rehun D-arvo ja kemiallinen koostumus, mutta säilörehun syönnin merkitys on ollut suurin (Heikkilä ym. 1998, Rinne 2000, Huhtanen ym. 2007). Myös lehmien EKM-tuotos suurenee yleisesti syönnin lisääntyessä (Heikkilä ym. 1998, Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2008, Sairanen ym. 2016 (Taulukko 1). Lehmien maito-, EKM- ja valkuaistuotokset ovat pääsääntöisesti suuremmat ensimmäisen niiton ruokinnassa verrattuna toisen tai kolmannen niiton ruokintaan (Heikkilä ym. 1998, Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2010).

Ruokintojen välillä ei ole ollut eroa ME:n hyväksikäytössä maidontuotantoon (Heikkilä ym. 1998, Sairanen ja Juutinen 2013). Heikkilä ym. (1998) raportoivat ensimmäisen niiton ruokinnassa lehmien maitotuotoksen olleen suurempi kuin kolmannen niiton ruokinnassa. Ensimmäisen niiton ruokinnan rehun syönti oli suurempi huolimatta pienemmästä D-arvosta verrattuna kolmannen niiton ruokintaan. Rinne (2000) totesi, että D-arvon suurentuessa 10 g/kg ka maitotuotos on lisääntynyt 0,27 kg päivässä. Lisäksi maidon valkuais- ja rasvapitoisuudet lisääntyvät D-arvon suurentuessa (Rinne 2000, Sairanen ja Juutinen 2012).

2.6 Rehuhyötysuhde

Rehuhyötysuhteen tarkoituksena on ilmaista, kuinka paljon maitoa saadaan suhteessa rehun kuiva-aineen syöntiin (Hall 2013). Lisäksi rehuhyötysuhteen avulla saadaan selville, miten hyvin dieetin koostumus vastaa lehmän tuotanto- ja ylläpitovaatimuksia (Hall 2013). Rehuhyötysuhdetta voidaan mitata yhtä energiayksikköä kohden saadun EKM-tuotoksen, rehunmuuntosuhteen ja rehunmuuntotehokkuuden avulla (Mäntysaari ym. 2010). Hall (2013) totesi, että lämpötilan noustessa rehuhyötysuhde laski huomattavasti 1,5:sta 1,1:een EKM kg/kg ka. Myös huonosti sulava rehu ja nurmen korjuun viivästymien heikentävät rehuhyötysuhdetta, koska huonommin sulavan kuidun osuus sekä imeytyneiden ravintoaineiden kuljetus kudoksiin lisääntyvät (Hall 2013, Cabezas-Garcia ym. 2017). Tällöin rehun ravintoaineet eivät ole käytettävissä maidontuotantoon (Hall 2013, Cabezas-Garcia ym. 2017).

3 TUTKIMUKSEN TAVOITTEET

Tutkimuksen tavoitteena oli mitata kolmannen niiton rehun vaikutuksia lypsylehmien maitotuotokseen ensimmäisen ja toisen niiton rehuihin verrattuna. Lisäksi tavoitteena oli selvittää, mistä satojen väliset erot johtuvat. Tutkimus oli osa Luonnonvarakeskuksen (Luke) Nurmet Rahaksi – hanketta (NuRa). Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä tietoa nurmen niittoaikastrategioista ja rehujen tuotantovaikutuksista. NuRa sisältää kaksi ruokintakoetta peräkkäisinä vuosina, jotta yksittäisen vuoden sääolosuhteiden vaikutusta rehujen laatuun ja sitä kautta tuotosvasteisiin voitaisiin vähentää. Tutkimuksen hypoteesina oli, että aikaisempien tulosten perusteella kolmannen niiton rehun D-arvo on korkeampi kuin ensimmäisessä niitossa mutta maidontuotantoarvo ei vastaa niiton energia-arvoa.

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Tutkimuksen toteutus

4.1.1 Koerehujen tuotanto

Koe suoritettiin Luken Maanigan ($63^{\circ}10'N$, $27^{\circ}18'E$) toimipisteessä 9.1.2017-24.2.2017. Ensimmäisen satovuoden timotei (*Phleum pratense* L.) (Tuure) -nurminata (*Festuca pratensis* Huds.) (Inkeri)- nurmisato korjattiin kasvukauden aikana kolme kertaa 4,3 hehtaarin lohkolta, joka oli maalajiltaan runsasmultaista hienoa hietaa ja karkeaa kivennäismaata. Nurmen perustamisvuonna nurmi oli lannoitettu 30.6.2015 YaraBela Suomensalpietarilla (N 27, K 1), jolloin nurmi sai typpeä 90 kg hehtaaria kohden. Satojen korjuukesänä nurmet saivat yhteensä 240 kg/ha typpeä ja 13 kg/ha fosforia. Korjuukesänä nurmien saama kokonaistyyppimäärä jakaantui siten, että ennen ensimmäisen sadon korjuuta sekä ensimmäisen sadon korjuun jälkeen nurmelle annettiin 100 kg/ha typpeä ja toisen sadon korjuun jälkeen 40 kg/ha typpeä. Ennen ensimmäisen sadon korjuuta nurmi lannoitettiin 10.5.2016 YaraMila Y3 (N 23, P 3, K 8) - lannoitteella, jolloin nurmi sai typen lisäksi fosforia 13 kg hehtaaria kohden. Lannoitteen levitys tapahtui heti 5.5.2016 alkaneen kasvukauden jälkeen. Ensimmäisen niiton jälkeen nurmelle levitettiin 10.6.2016 typen lisäksi lehtihivenlannoitetta 1 l hehtaaria kohden. Toisen säilörehusadon korjuun jälkeen nurmi lannoitettiin 22.7.2016 YaraMila NK2 (N 22, P 0, K 12) – lannoitteella.

Säilörehut valmistettiin timoteivaltaisen timotei-nurminatakasvuston ensimmäisestä (N1), toisesta (N2) ja kolmannesta (N3) nurmisadosta. Nurmi niitettiin niittomurskaimella 5.6.2016 (N1), 17.7.2016 (N2) ja 31.8.2016 (N3) (Taulukko 2). Niittomurskaimina käytettiin perhosniittomurskainta (Kverneland taarup 5090 MT, Kverneland Group) (N1 ja N3) ja niittomurskainta (JF)(N2). Ensimmäisen ja toisen nurmisadon niittosäät olivat sateisia, minkä takia esikuivatusaika pidennettiin poikkeuksellisesti kahden vuorokauden pituiseksi. Pitkästä esikuivatusajasta huolimatta toinen sato oli poikkeuksellisen märkää. Kolmannen sadon korjuupäivä oli poutainen ja aurinkoinen, mutta niittoa edeltäneenä päivänä sää oli epävaka. Kuitenkin rehua esikuivatettiin pellolla vain kuusi tuntia. Koska sää oli tuuleton, riittävää kuivumista ei ehtinyt tapahtua. Esikuivatuksen jälkeen kaikki kolme nurmisatoa korjattiin paaleihin yhdistelmäpaalaimella (Agronic Combi 1302, Agronic oy, Haapavesi, Suomi). Paalauksen yhteydessä paalit käärittiin verkkosidonnalla ja kahdeksaan kiristekalvokerrokseen (RaniWrap 750 mm, Teerijärvi, Suomi) ja verkkosidonnalla. Säilöntäaineena käytettiin muurahaishappopohjaista säilöntäainetta (AIV 2+, Taminco Finland OY), joka sisälsi muurahaishappoa 760 g/kg ja ammoniumformiaattia 55 g/kg, 5 l tuoretonnia kohden. Kaikki kolme säilörehua varastoitiin pyöröpaaleihin, jotka varastoitiin pellolla.

Taulukko 2. Säilörehujen korjuu-olosuhteet ja tehdyt toimenpiteet.

	Niitto1	Niitto2	Niitto3
Niittopäivä	5.6.2016	17.7.2016	31.8.2016
Paalauspäivä	7.6.2016	19.7.2016	31.8.2016
Esikuivatusaika, h	48	48	6
Kasvu aika, vrk	40	42	45
Lämpötilasumma, °C, koko kesä	303	742	1242
Lämpötilasumma/niitto, °C	303	439	500
Lämpötila, °C	8,0	17,0	12,8
Sademäärä/niittopäivä, mm	0,9	5,1	0,0
Sademäärä/sato, mm	24	140	91
Typpi-lannoitus, kg/ha	100	100	40

4.1.2 Koelehmät

Kokeessa oli 42 alku- ja keskilaktaatiossa olevaa Ayrshire ja Holstein lehmää, joista ensikoita oli 16 kpl ja useaan kertaan poikineita 26 kpl. Kokeen alkaessa lehmien keskimääräinen tuotos oli 31,6 (keskihajonta +-5,5 kg). Lehmien keskimääräinen aika poikimisesta

kokeen alussa oli 140 (keskihajonta ± 31 päivää). Lehmät jaettiin neljään eri blokkiin maitotuotoksen ja poikimakerran mukaan. Ensimmäisessä blokissa olivat ensikot. Useamman kerran poikineet lehmät jaettiin matalatuottoisiin (blokki 2), keskituottoisiin (blokki 3) ja korkeatuottoisiin (blokki 4) lehtiin. Lehmät olivat pihatossa kahdessa 21 lehmän osastossa. Osastot koostuivat kahdesta parsirivistä, osaston ympäri menevästä lantakäytävästä, väkirehukioskista sekä 12 vaa'allisesta RIC (Roughage Intake Control, Insentec, Marknesse, Alankomaat) - ruokintakupista. Kupit tunnistivat eläimet ja punnitsivat eläinten syömän rehumäärän

4.1.3 Koeasetelma ja ruokinta

Koe suoritettiin 2-jaksoisena cross over-mallilla, jossa jakson vaihtuessa myös lehmän syömä rehu vaihtui. Kummankin jakson kaksi ensimmäistä viikkoa (14 päivää) olivat koerehuihin totuttelua ja kolmas viikko oli keruuviikko. Ensimmäisen koejakson keruuviikko kesti seitsemän päivää ja toisen koejakson keruuviikko yhdeksän päivää. Kokeessa käytettiin kolmea eri seosrehua, joissa käytetyt säilörehut oli valmistettu ensimmäisestä, toisesta tai kolmannesta nurmisadosta. Seosrehun valmistuksessa käytettiin pystyruuvista apevaunua (Trioliet Solomix 2 1600, Oldenzaal, Alankomaat). Ensimmäisen nurmisadon säilörehusta valmistettavaan seosrehuun lisätiin muista rehuista poiketen vettä seosten kuiva-aine-erojen pienentämiseksi. Tavoitekuiva-aine oli 30 % määrämisen säilörehusadon mukaan.

Seosrehun väkirehu koostui ohraa ja rypsiroheesta, joiden lisäksi seosrehuun lisätiin kivennäiset lypsykivennäisen muodossa (Lypsykivennäinen 900 kg, Hankkija Oy, Seinäjoki, Suomi). Lypsykivennäinen sisälsi kalsiumia 220 g/kg, natriumia 100 g/kg, magnesiumia 80 g/kg, epäorgaanista seleeniä (natriumseleniitti) 30 mg/kg, orgaanista seleeniä (selenometioniini 3b.8.12) 4 mg/kg ja E-vitamiinia (all-rac-alfatokoferyyliasetatti) 1500 mg/kg. Seosrehun mukana annettun väkirehun lisäksi lehmät saivat päivittäin koeosastojen väkirehukioskeista yhteensä 1,5 kg ohraa kahtena 0,75 kg:n kerta-annoksena. Väkirehukioskeista annettu ohra toimi houkutusrehuna, jotta lehmiltä saatiin päivittäin mitattua elopaino kioskien sisään sijoitetun elopainovaa'an avulla. Kaikista kolmesta niitosta valmistetuissa seosrehuissa oli sama osuus säilörehua, ohraa, rypsiä ja kivennäisiä. Myös väkirehuprosentti oli kaikissa seosrehuissa sama. Seosrehuissa säilörehua oli keskimäärin 570 g/kg ka, ohraa 320 g/kg ka, rypsiä 90 g/kg ka ja kivennäisiä 20 g/kg ka. Seoksen

väkirehuprosentti oli 40 %. Kun otettiin huomioon väkirehukioskeista satu ohra, kokonaisväkirehuprosentiksi saatiin 45 %.

Molempien jaksojen aikana lehmät saivat yhtä kolmesta säilörehunurmesta valmistettua seosrehua. Molempiin koeosastoihin jaettiin kahdesta eri säilörehunurmesta valmistettua seosrehua. Ensimmäiseen koeosastoon jaettiin kahdeksaan ruokintakuppiin ensimmäisen nurmisadon säilörehusta valmistettua seosrehua automaattisen pihattosukkulan (FreeStallRobot, Pellon Group Oy, Ylihärmä, Suomi) avulla keskimäärin kuusi kertaa päivässä niin. Tavoitteena oli, että kupeissa oli rehua jatkuvasti saatavilla. Toiseen koeosastoon jaettiin kahdeksaan ruokintakuppiin toisen nurmisadon säilörehusta valmistettua seosrehua myös pihattosukkulaa käyttäen. Ruokintasukkuloihin täytettiin seosrehua täyttöpöydistä (Pellon Compact FD, Pellon Group Oy, Ylihärmä, Suomi), joihin lisättiin uutta rehua keskimäärin joka toinen päivä. Molempien osastojen neljään ruokintakuppiin jaettiin kolmannen nurmisadon säilörehusta valmistettua säilörehua käsin niin, että rehua oli jatkuvasti saatavilla. Ruokintakuppeja oli yksi kahta lehmää kohden. Ruokintakupit eivät olleet lehmäkohtaisia, vaan tiettyyn koerehuryhmään kuuluvat lehmät pääsivät syömään kaikista kyseistä koerehua sisältävistä kupeista. Seosrehua syötettiin vapaasti ja tavoitteena oli 10 % päivittäinen rehuylijäämä ruokintakupeissa.

4.1.4 Kokeelliset mittaukset ja kemialliset analyysit

Rehujen syöntiä ja maitotuotosta mitattiin päivittäin koko kokeen ajan. Jokaisen päivän aamuna punnittiin kuppeihin jääneen syömättömän rehun määrä ennen uusien rehujen jakamista. Koejaksojen kahtena ensimmäisenä viikkona jokaisesta kolmesta eri seosrehusta määritettiin kuiva-aine kaksi kertaa viikossa. Edustavat rehunäytteet kerättiin ruokintakupeista usean rehujen jakokerran jälkeen. Seosrehuja valmistettaessa jokaisesta säilörehupaalista otettiin näyte ennen väkirehujen lisäystä kuiva-ainemääritystä varten. Jokaisesta paalista saatiin kuiva-aine vasta seuraavana päivänä seosrehujen valmistamisen jälkeen. Tämä johti siihen, että seosrehujen toteutuneissa väkirehuprosenteissa oli vaihtelua. Analyysiviiveen takia seosrehujen valmistuksessa käytettiin paalien keskimääräistä kuiva-ainetta. Seosrehujen sisältämän ohran määrän laskennassa käytettiin paalien keskimääräistä kuiva-ainetta. Molempien jaksojen keruuviikon aikana kaikista säilörehuista otettiin näyte seosrehuvaunusta säilörehun kuiva-ainemääritystä varten ennen väkirehun lisäystä. Valmiista seosrehuista kerättiin keruuviikon jokaisena päivänä edustava rehu-

näyte ruokintakupeista kuiva-ainemäärittystä varten. Ensimmäisen koejakson rehunäytteet kerättiin keruujakson päivinä 15-22 ja toisen koejakson näytteet keruujakson päivinä 15-23. Kuiva-ainepitoisuuden määrittämiseksi näytteitä pidettiin uunissa (Memmert UL 60, Gemini BV, Apeldoorn, Alankomaat) 24 tuntia 105 °C:ssa.

Molempien koejaksojen keruuviikkojen aikana seosrehujen valmistuksen yhteydessä jokaisesta kolmesta säilörehusta otettiin näytteet, jotka pakastettiin -20 °C:ssa laboratoriomäärittäystä varten. Keruuviikon aikana jokaisen kolmen niiton paaleista otetut näytteet laitettiin koerehuittain samaan näytepussiin. Seosrehuihin lisätystä ohrasta ja rypsistä sekä väkirehukioskeista jaetusta ohrasta otettiin keruuviikkojen aikana päivittäin näytteet, jotka yhdistettiin yhdeksi näytteeksi analyysiä varten. Keruujakson lopussa näytteistä määritettiin lisäksi kuiva-aine.

Koerehuista otettujen rehunäytteiden kemialliset analyysit suoritettiin Luken Jokioisten Kotieläintuotannon tutkimuksen laboratoriossa. Säilörehuista analysoitiin primaarinen ja sekundaarinen kuiva-aine, tuhka, raakavalkuainen, NDF, sellulaasiliukoisuus, pH, ammoniumtyppi (ammonium-N), maitohappo, muurahaishappo, VFA ja etanoli. Säilörehunäytteiden primaariset kuiva-ainepitoisuudet määritettiin kuivaten näytteitä 20 tuntia 105 °C:ssa. Haihtuvien yhdisteiden osalta primaarisiin kuiva-aineisiin tehtiin korjaukset Huidan ym. (1986) mukaan. Analyysikuivatuista näytteistä määritettiin sekundaariset kuiva-aineet kuivaten näytteitä 16 tuntia 105 °C:ssa. Säilörehujen orgaaniset aineet (OA) saatiin standardianalyysien mukaan (AOAC 1990, No 942.05), kun näytteitä tuhkattiin 600 °C:ssa kahden tunnin ajan. Tuoreista näytteistä tehtiin typpimääritykset Kjeldahlin (AOAC 1990, No 984,13) menetelmällä käyttäen automaattista tisluslaitetta (Foss Kjelttec 2300 Analyzer Unit, Foss Tecator AB, Högnäs, Ruotsi). Säilörehujen NDF määritettiin Van Soestin (1991) menetelmää käyttäen. Kuivatuista näytteistä määritettiin typpipitoisuus Dumasin menetelmää (AOAC 1990, No 968.06) käyttäen typpianalyysaattorilla (Leco FP 428, Leco Corp., St Joseph; MI 49085; USA). Rehunäytteiden raakavalkuainepitoisuus (RV) saatiin määritetystä kokonaistyyppipitoisuudesta kertoimen 6,25 avulla. Rehunäytteistä määritettiin liukoinen typpi Foss Kjelttec analyysaattorilla (Foss Tecator AB, Höganäs, Ruotsi), (AOAC 1990, No 984.13). Sulavan orgaanisen aineen pitoisuus eli D-arvo määritettiin *in vitro* -sellulaasimenetelmän (Friedel 1990) avulla ja laskennassa käytettiin kotimaisiin *in vivo* – sulavuuskokeisiin perustuvia korjauskaavoja (Nousiainen ym. 2003, Huhtanen 2006).

Säilörehunäytteistä määritettiin käymislaatu sekä pH. Säilörehujen VFA eli etikka-, propioni-, voi-, isovoi-, isovaleriaana -, valeriaana- ja kapronihappo määritettiin Huhtasen ym. (1998) mukaisesti kaasukromatografisesti. Säilörehujen maitohappopitoisuus määritettiin Haackerin ym. (1983) ja ammoniumtyyppipitoisuus McCulloughin (1967) mukaisesti kolorimetrisesti. Muurahaishappopitoisuuden määrittämisessä käytettiin kaupallista kittiä (Cat No. 979 732, Boehringer Mannheim GmGH, Mannheim, Saksa) ja valikoivaa kliinisen kemian analysaattoria (Pro 981489, KONE Instruments). Säilörehuista määritettiin etanolipitoisuus entsymaattista menetelmää käyttäen (Cat No 981680, KONE Instruments Corporation, Espoo, Suomi) samalla analysaattorilla kuin maitohapon määrittäminen tehtiin.

Ohrasta ja rypsistä analysoitiin primaarinen ja sekundaarinen kuiva-aine, tuhka, raaka-alkuainen, raakarasva, raakakuuti ja NDF. Kemialliset analyysit tehtiin samoja menetelmiä käyttäen kuin säilörehujen analyysit. Lisäksi raakarasvan pitoisuus määritettiin Soxhlet-Soxtec- analysaattorilla (AOAC 1990, No 920,39).

Lehmine maitonäytteet otettiin molempien koejaksojen keruuviikon kahtena peräkkäisenä päivänä aamu- ja iltalypsyntä yhteydessä yhteensä neljänä lypsykertana. Lehmien lypsy tapahtui 2x8 kalanruotomallisessa lypsyasemassa koko kokeen ajan kaksi kertaa päivässä (klo 6:00 ja 15:30) (SAC, Kolding, Tanska). Maitonäytteistä analysoitiin Valion laboratoriossa maidon rasva-, valkuais-, laktoosi- ja ureapitoisuus sekä maidon soluluku.

4.2 Tilastollinen analyysi ja laskelmat

Tilastollinen analyysi tehtiin SAS 9.4 Mixed Proceduurilla. Kiinteinä muuttujina olivat koejakso, blokki ja rehu. Satunnaismuuttujana oli lehmä. Kaikkien lehmien havaintodatat syönnistä käytiin läpi ja huomattavat poikkeamat poistettiin. Kolmen eri säilörehun eroja testattiin Tukeyn parivertailutestiä käyttäen.

Seosrehujen, säilörehujen ja väkirehujen kemialliset koostumukset laskettiin yhdistämällä molempien keruuviikkojen näytteet. Molempien jaksojen analyysituloksista laskettiin keskiarvo. Koska ohra jaettiin osaksi seosrehun joukossa ja osaksi väkirehukioskeista, laskettiin ohran kemiallinen koostumus painotettuna keskiarvona. Seosrehun mukana annettiin 85 % ja väkirehukioskeista 15 % ohrasta.

Energia-arvot laskettu kotimaisten rehutaulukoiden mukaan (Luke 2017):

$$\text{ME (MJ/kg ka)} = \text{D-arvo} \times 0,016 \text{ (karkearehut)}$$

$$\text{ME (MJ/kg ka)} = 15,2 \times \text{srv} + 34,2 \times \text{ssr} + 12,8 \times \text{srk} + 15,9 \times \text{stua} / 1000 \text{ (Väkirehut)}, \text{ jossa}$$

srv = sulava raakavalkuainen, g/kg ka, srr = sulava raakarasva, g/kg ka, srk = sulava raakarakuitu, g/kg ka, stua = sulavat typettömät uuteaineet, g/kg ka

$$\text{ME-indeksi} = (\text{syönti-indeksi} \times \text{D-arvo g/kg ka}) / 690$$

$$\text{ME:n tarve ylläpitoon} = \text{Elopaino}^{0,75} \times 0,515$$

$$\text{ME:n tarve maidontuotantoon (MJ/kg ekm)} = 5,15 \times \text{ekm (kg)}$$

$$\text{Korjattu ME-saanti (MJ/pv)} = \text{Korjaamaton ME-saanti (MJ/pv)} - (-56,7 + 6,99 \times \text{MEyp} + 1,621 \times \text{ka-syönti} - 0,44595 \times \text{rv-pitoisuus} + 0,00112 \times \text{rv-pitoisuus}^2), \text{ jossa ka-syönti} =$$

kuiva-aineen syönti (kg/pv), MEyp = rehuannoksen korjaamaton ME-pitoisuus (MJ/kg ka), rv-pitoisuus = rehuannoksen raakavalkuaispitoisuus (g/kg ka)

$$\text{ME:n hyväksikäyttö} = \text{maidon energia (MJ)} / ((\text{ME:n saanti (MJ) (korjattu)} - \text{ME:n tarve ylläpitoon (MJ)})$$

Maidon energian laskemisessa käytettiin ekm-kilon energiasisältöä:

$$\text{MJ/pv} = \text{ekm kg/pv} \times 3,14 \text{ MJ kg}$$

Valkuaisarvot (Luke 2017):

$$\text{Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen (OIV), g/kg ka} = \text{OIVmv} + \text{OIVov}$$

$$\text{Pötsin valkuaistase (PVT), g/kg ka} = \text{hv-mv}$$

$$\text{OIVmv g/kg ka} = \text{ahmv} \times \text{smv} \times \text{mv}$$

$$\text{OIVov g/kg ka} = \text{sov} \times \text{ov}$$

$$mv \text{ g/kg ka} = 152 \times (D\text{-arvo} - ov) / 1000$$

$$hv \text{ g/kg ka} = hvo \times rv$$

ov = rv - hv = (1 - hvo) × rv, jossa OIV (g/kg ka) = ohutsuolesta imeytyvät aminohapot, PVT (g/kg ka) = pötsin valkuaiaste, mv (g/kg ka) = mikrobivalkuaisen tuotanto, ov (g/kg ka) = ohitusvalkuainen, hv (g/kg ka) = hajoava valkuainen, OIVmv = ohutsuolesta imeytyvä mikrobivalkuainen, OIVov = ohutsuolesta imeytyvä ohitusvalkuainen, D-arvo (g/kg ka) = rehun sulava orgaaninen aine, hvo = hajoavan valkuaisen osuus, rv (g/kg ka) = rehun raakavalkuainen, ahmv = aminohappojen osuus mikrobivalkuaisesta (vakion arvo 0,75), smv = mikrobivalkuaisen sulavuus (vakion arvo 0,85), sov = ohitusvalkuaisen sulavuus (vakion arvo 0,82).

Energiakorjattu maitotuotos (ekm) (Sjaunjan ym. 1990):

$$EKM \text{ (kg)} = \text{maitotuotos (kg)} \times (383 \times \text{rasva (\%)} + 242 \times \text{valkuainen (\%)} + 165,4 \times \text{laktoosi (\%)} + 20,7) / 3140$$

Rehuhyötysuhde:

$$EKM \text{ (kg/pv)} / \text{ka-syönti (kg/pv)}$$

Säilörehun syönti-indeksi (Huhtanen ym. 2007):

$$100 + 10 \times [(D\text{-arvo} - 680) \times 0,0170 - (\text{hapot} - 80) \times 0,0128 + (0,0198 \times (KA - 250) - 0,00002364 \times (KA^2)) - 0,44 \times \text{jälkisatosäilörehun osuus} + 4,13 \times \text{palkokasvien osuus} - 2,58 \times \text{palkokasvien osuus}^2 + 5,90 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus} - 6,14 \times \text{kokoviljasäilörehun osuus}^2 - 0,023 \times (\text{kuitu} - 550)], \text{ jossa } D\text{-arvo (g/kg ka), hapot = maitohappo + haihtuvat rasvahapot (g/kg ka), KA = säilörehun kuiva-ainepitoisuus (g/kg), jälkisato-, palkokasvi- ja kokoviljasäilörehujen arvo vaihtelee 0-1 välillä.}$$

D-arvon laskeminen pepsiini-sellulaasiliukoisuutta (g/g OA) käyttäen:

Nurmiheinät 1. sato

$$0,077 + 0,86 \times \text{sellulaasiliukoisuus g/g OA}$$

Nurmiheinät 2 ja 3 sato

$$-0,154 + 1,12 \times \text{sellulaasiliukoisuus g/g OA}$$

$$D\text{-arvo, g/kg ka} = \text{orgaanisen aineen pitoisuus} \times \text{orgaanisen aineen sulavuus}$$

PVT-tase:

Dieetin PVT g/kg ka

OIV:n hyväksikäyttö:

OIV:n hyväksikäyttö = maidon valkuaistuotos / (OIV:n saanti – OIV:n tarve ylläpitoon)

OIV:n tarve ylläpitoon (g/pv) (Luke 2017):

$1,8 * \text{elopaino}^{0,75} + 14 * \text{kuiva-aineen syönti (kg ka/pv)}$

OIV:n tarve maidontuotantoon (g/pv) (Luke 2017):

$(1,47 - 0,0017 * \text{ekm (kg/pv)}) * \text{valkuaistuotos (g/pv)}$

OIV-tase:

$(\text{OIV-saanti} - \text{OIV:n tarve ylläpitoon}) / \text{EKM kg}$

5 TULOKSET

5.1 Nurmen satotaso ja rehujen kemiallinen koostumus

N1-rehun kuiva-ainesato oli 3200 kg/ha, N2-rehun 2900 kg/ha ja N3-rehun 2700 kg/ha (Taulukko 3). Koko satovuoden hehtaarisadosta N1-rehun osuus oli 36,4 %, N2-rehun osuus 33,0 % ja N3-rehun osuus 30,6 %.

Taulukossa 3 on raportoitu säilörehujen ja väkirehujen kemialliset koostumukset. N1-säilörehu oli 90 g/kg ka kuivempaa kuin N2-rehu ja 130 g/kg ka kuivempaa verrattuna N3-rehuun. N1- ja N2-rehut sisälsivät enemmän raakavalkuaista kuin N3-rehu ja N2-rehussa oli 10 g/kg ka enemmän NDF-kuitua kuin N1-rehussa ja 28 g/kg ka enemmän verrattuna N3-rehuun. N1-rehun D-arvo oli 49 g/kg ka suurempi kuin N2-rehun ja 12 g/kg ka suurempi kuin N3-rehun.

N1-rehu sisälsi 0,8 MJ/kg ka enemmän muuntokelpoista energiaa kuin N2-rehu ja 0,2 MJ/kg ka enemmän verrattuna N3-rehuun. Säilörehun syönti-indeksi oli N1-rehussa 17,7 yksikköä suurempi kuin N3-rehussa ja 22,4 yksikköä suurempi kuin N2-rehussa. ME-

indeksit vastasivat syönti-indeksejä ja oli ensimmäisen niiton rehussa suurempi jälkikasvurehuihin verrattuna. N1-rehussa oli OIV:sta enemmän kuin molemmissa jälkikasvurehuissa mutta N2-rehussa PVT oli molempia muita rehuja suurempi.

Ensimmäisen niiton rehun pH oli 0,4-0,5 yksikköä suurempi kuin jälkikasvurehujen, mutta N2-rehu poikkesi käymislaadultaan muista rehuista. Ensimmäisen niiton rehu sisälsi enemmän etanolia verrattuna jälkikasvurehuihin, mutta N2-rehussa oli ammoniumtyppeä 40-46 g/kg N enemmän kuin N1- ja N3-rehuissa. Lisäksi toisen niiton rehu sisälsi enemmän etikka- ja maitohappoa sekä haihtuvia rasvahappoja yhteensä kuin ensimmäisen ja toisen niiton rehut. N1- ja N3-rehuissa sokeripitoisuus oli suurempi kuin N2-rehussa, mutta kaikissa rehuissa virheikäymishappojen pitoisuudet olivat pieniä.

Taulukko 3. Nurmien hehtaarisadot sekä säilörehujen ja väkirehujen kemialliset koostumukset (g/kg ka, jos muuta ei mainittu).

	Niitto1	Niitto2	Niitto3	Ohra	Rypsi
Hehtaarisato, kg	3200	2900	2700		
Sadon osuus koko vuoden sadosta, %	36,4	33,0	30,6		
Kuiva-aine, g/kg	307	217	177	880	890
Tuhka	86,1	98,9	107	23,1	88,8
Raakavalkuainen	169	168	157	110	370
Raakarasva				15,8	28,4
Raakakuitu				46,1	134
Neutraalidetergenttikuitu	521	531	503		
pH	4,73	4,29	4,20		
Ammoniumtyppi, g/kg N	64,0	104	58,0		
Maitohappo	30,0	42,2	35,7		
Muurahaishappo	10,2	20,2	19,8		
Etanoli	7,48	2,33	2,71		
Etikkahappo	10,2	16,2	8,76		
Isovaleriaanahappo	0,05	0,05	0,06		
Isovoihappo	0,02	0,0	0,0		
Kapronihappo	0,02	0,02	0,0		
Propionihappo	0,42	0,62	0,57		
Valeriaanahappo	0,02	0,0	0,0		
Voihappo	0,4	0,4	0,2		
Haihtuvat rasvahapot	11,2	17,3	9,59		
Liukoinen typpi	16,5	16,2	12,9		
Sokeri	90,2	66,3	105		
Liukoisuus g/kg OM ¹⁾	800	782	825		
D-arvo	699	650	687		
ME, MJ/kg ka	11,2	10,4	11,0		
OIV	86,1	81,0	83,6		
Pötsin valkuaistase	41,3	47,8	32,6		
Syönti-indeksi ²⁾	113	90,6	95,3		
ME-indeksi	114	85,3	94,9		

OIV= ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, ME (MJ/kg ka) = muuntokelpoinen energia, ¹⁾

Liukoisuus= pepsiini-sellulaasiliukoisuus (Friedel 1990, Nousiainen ym. 2003), ²⁾ Syönti-indeksi (Huhtanen ym. 2007).

N1-seosrehun kuiva-ainepitoisuus oli 355 g/kg ka, N2-rehun 305 g/kg ka ja N3-rehun 265 g/kg ka. Seosrehujen kuiva-aineissa ei tapahtunut muutosta koejaksojen välillä.

5.2 Koerehujen syönti

Kolmannen niiton ruokinnan säilörehujen syönti oli 0,8 kg ja 0,4 kg pienempää kuin ensimmäisen niiton ($p<0,001$) ja toisen niiton ($p=0,001$) ruokintojen (Taulukko 4). Lisäksi N1-ruokinnan säilörehua syötiin 0,4 kg enemmän kuin N2-ruokinnan säilörehua ($p=0,003$). Väkirehua syötiin N1-ruokinnassa 0,5 kg enemmän kuin N2-ruokinnassa ($p<0,001$) ja 0,2 kg enemmän verrattuna N3-ruokintaan ($p=0,043$). Toisen niiton ruokinnan väkirehun syönti oli pienempää kuin kolmannen niiton ruokinnan ($p=0,005$). N1-ruokinnassa seosrehua syötiin 0,9 kg enemmän kuin N2-ruokinnan seosrehua ($p=0,006$) ja 1,0 kg enemmän kuin N3-ruokinnan seosrehua ($p<0,001$). Ensimmäisen niiton ruokinnassa NDF:n syönti ($p<0,001$ ja $p=0,035$) sekä OIV- ($p=0,001$ ja $p<0,001$) ja ME-saannit ($p<0,001$) olivat suuremmat kuin jälkikasvurehujen NDF-syönti. N3-ruokinnan NDF-syönti ($p=0,006$) ja korjaamaton ME-saanti ($p<0,006$) olivat suuremmat kuin N2-ruokinnan. PVT-saannit erosivat kaikissa ruokinnoissa toisistaan ($p<0,001$) ja saanti oli suurin N2-ruokinnassa ja pienin N3-ruokinnassa.

Taulukko 4. Rehujen syönti (kg ka/pv), ravintoaineiden, energian ja valkuaisen saanti päivässä.

	Korjuukerta			SEM	Tilastolliset merkitsevyydet		
	Niitto1	Niitto2	Niitto3		1 vs. 2	1 vs. 3	2 vs. 3
Säilörehu	12,4	12,0	11,6	0,18	0,003	<0,001	0,001
Väkirehu	10,0	9,5	9,8	0,15	<0,001	0,043	0,005
Yhteensä	22,4	21,5	21,4	0,32	<0,001	<0,001	0,831
NDF, kg	2,19	2,07	2,14	0,033	<0,001	0,035	0,006
Raakavalkuainen, kg	3,69	3,51	3,36	0,057	<0,001	<0,001	<0,001
SrNDF, %	28,7	29,7	27,2	0,01	<0,001	<0,001	<0,001
OIV, g	2160	2000	2030	30,2	<0,001	<0,001	0,236
PVT, g/kg ka	19,0	24,2	15,0	0,36	<0,001	<0,001	<0,001
OIV-tarve, g	2160	2021	2130	26,7	<0,001	0,391	<0,001
OIV-tase	-0,047	-23,0	-99,7	18,62	0,271	<0,001	<0,001
Korjaam. ME-saanti	267	245	252	3,6	<0,001	<0,001	0,006
Korjattu ME-saanti ¹	247	230	234	3,2	<0,001	<0,001	0,087

ME = Muuntokelpoinen energia (MJ/pv), OIV = Ohutsuolesta imeytyvä valkuainen (g/pv), PVT = Pötsin valkuaiastase (g/kg ka), SEM = Keskiarvon keskivirhe, EKM = Energiakorjattu maitotuotos (kg/pv), ¹ Käytetty korjattua ME MJ saantia (Luke 2017). Korjaam. ME-saanti = Korjaamaton ME-saanti MJ/pv, Korjattu ME-saanti MJ/pv, SrNDF = Karkearehusta peräisin olevan NDF:n osuus koko dieetistä.

5.3 Maitotuotos ja maidon pitoisuudet

N1- ja N3-ruokintojen lehmät tuottivat 1,6 kg/pv enemmän maitoa kuin N2-ruokinnan lehmät ($p<0,001$) (Taulukko 5). N1-ruokinnassa EKM-tuotos oli 1,4 kg/pv suurempi kuin N3-ruokinnassa ($p<0,001$) ja 2,3 kg/pv suurempi verrattuna N2-ruokintaan ($p<0,001$). N3-ruokinnassa EKM-tuotos oli 0,9 kg/pv suurempi kuin N2-ruokinnassa ($p=0,011$). Ensimmäisen ja toisen niiton ruokinnoissa maito sisälsi enemmän rasvaa kuin kolmannen niiton ruokinnassa ($p<0,001$). Ensimmäisen niiton ruokinnassa maidon valkuaispitoisuus oli toisen niiton ruokintaa suurempi ($p=0,033$). Maidon ureapitoisuus oli N2-ruokinnassa suurempi kuin N1- ($p<0,001$) ja N3-ruokinnoissa ($p<0,001$) ja N1-ruokinnassa suurempi kuin N3-ruokinnassa ($p<0,001$). N1- ja N3-ruokintojen lehmät tuottivat maidossa enemmän valkuaista- ja laktoosia verrattuna N2-ruokinnan lehtiin ($p<0,001$). Maidon rasva-tuotos oli ensimmäisen niiton ruokinnassa jälkikasvurehuruokintoja suurempi ($p<0,001$).

Lehmien elopaino oli keskimäärin sama kaikissa ruokinnoissa. Koejakson vaihtuessa ensimmäisestä toiseen myös lehmien syömä koerehu vaihtui, mikä sai aikaan muutoksia lehmien elopainossa. Erot eivät olleet kuitenkaan merkitseviä ($p>0,05$).

Taulukko 5. Tuotokset ja maidon pitoisuudet.

	Korjuukerta				Tilastolliset merkitsevyydet		
	Niitto1	Niitto2	Niitto3	SEM	1vs.2	1vs.3	2vs.3
Maito, kg/pv	30,0	28,4	30,0	0,38	0,001	0,986	0,001
EKM, kg/pv	34,2	31,9	32,8	0,49	<0,001	<0,001	0,011
Rasva, g/kg	49,8	48,7	45,9	0,72	0,089	0,001	0,001
Valkuainen, g/kg	38,2	37,5	38,0	0,31	0,033	0,797	0,148
Urea, mg/100 ml	23,0	27,0	21,0	0,60	0,001	<0,001	0,001
Rasvatuotos, g/pv	1481	1370	1370	27,2	<0,001	<0,001	0,980
Valkuaistuotos, g/pv	1140	1060	1134	17,0	<0,001	0,975	<0,001
Laktoosituotos, g/pv	1370	1300	1373	18,6	<0,001	0,911	<0,001
Elopaino, kg	656	653	651	8,0	0,473	0,226	0,827

EKM (kg/pv) = energiakorjattu maitotuotos, SEM = keskiarvon keskivirhe

5.4 Rehujen hyväksikäyttö

Rehun kuiva-aineen hyväksikäytössä maidontuotantoon (EKM kg/kg ka) ei ollut merkitsevää eroa N1- ja N3-ruokintojen välillä ($p=0,628$), mutta molempien ruokintojen hyväksikäytöt olivat tehokkaampia kuin N2-ruokinnan ($p=0,031$ ja $p=0,003$). Ensimmäisen niiton ruokinnan lehmien OIV:n hyväksikäyttö EKM-tuotantoon oli tehottomampaa, mutta

korjaamattoman ja korjatun ME:n käyttö EKM-kiloa kohden (ME MJ/EKM kg) olivat suuremmat verrattuna N2- ($p=0,044$, $p=0,033$, $p<0,001$) ja N3-ruokintoihin ($p=0,009$, $p=0,011$, $p=0,009$). Korjatun ME:n hyväksikäyttö oli sekä N2- ($p=0,032$) että N3-ruokinnassa ($p=0,020$) tehokkaampaa verrattuna N1-ruokintaan. Maidon sisältämän typen suhde rehun sisältämään typpimäärään oli N3-ruokinnassa suurempi kuin N1- ja N2-ruokinnassa ($p<0,001$).

Taulukko 6. Niittojen vaikutus hyväksikäyttöön.

	Korjuukerta				Tilastolliset merkitsevyydet		
	Niitto1	Niitto2	Niitto3	SEM	1 vs. 2	1 vs. 3	2 vs. 3
EKM kg/ kg ka	1,52	1,48	1,53	0,016	0,0307	0,628	0,003
OIV g/EKM kg	47,2	46,1	45,7	0,55	0,044	0,009	0,702
Maidon N/N saanti	0,303	0,297	0,332	0,0039	0,293	<0,001	<0,001
ME MJ/EKM kg	5,29	5,15	5,12	0,061	0,033	0,011	0,816
ME MJ/EKM kg ¹	5,86	5,62	5,66	0,071	0,001	0,009	0,821
ME:n hyväksikäyttö ¹	0,596	0,613	0,615	0,0072	0,032	0,020	0,930

EKM kg/ka = energiakorjattu maitotuotos, OIV g = ohutsuolesta imeytyvä valkuainen, ME = muuntokelpoinen energia, SEM = keskiarvon keskivirhe. ¹⁾ Käytetty korjattua ME MJ saantia (Luke 2017).

6 TULOSTEN TARKASTELU

6.1 Säilörehujen kuiva-ainesato

Ensimmäisessä niitossa hehtaarisato oli muita niittoja suurempi, vaikka sadon keskilämpötila, tehoisan lämpötilan summa, sademäärä sekä kasvupäivien määrä olivat pienemmät muihin niittoihin verrattuna. Suurempi sato kolmanteen niittoon verrattuna selittyi ensimmäisessä sadossa sillä, että nurmelle annettu typpimäärä oli suurempi kuin kolmannessa sadossa.

Aikaisemmissa tuloksissa ensimmäisen niiton rehun osuus kokonaissadoista on ollut 37-46 %, toisen niiton osuus 32-36 % ja kolmannen niiton osuus 21-24 % (Hyrkäs ym. 2012;

Maaninka, Hyrkäs ym. 2012; Ruukki, Sairanen 2017). Ensimmäisen ja toisen niiton rehujen osuudet kokonaissadosta vastasivat aikaisempia tuloksia, mutta kolmannen niiton rehun osuus oli näitä suurempi. Aiemmin tehdyissä tutkimuksissa ensimmäisen niiton rehun kuiva-ainesato on ollut 4080-4240 kg ka/ha, toisen niiton sato 2815-2960 kg ka/ha ja kolmannen niiton sato 1677-1880 kg ka/ha (Kuoppala ym. 2008, Hyrkäs ym. 2012; Maaninka ja Ruukki, Sairanen 2017). Ensimmäisen niiton rehun sato oli näitä tuloksia pienempi, toisen niiton rehun sato vastasi näitä ja kolmannen niiton rehun sato oli suurempi verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin.

Kasvukauden kokonaissato, 8 800 kg/ha, oli aikaisempiin tuloksiin verrattuna keskimääräinen, sillä kolmen niiton strategiassa koko satokauden hehtaarisadot ovat olleet 7 708-8 920 kg/ha (Hyrkäs ym. 2012, Hyrkäs ym. 2015, Sairanen 2017) sekä 10 180-11 360 (Hyrkäs ym. 2012 ja 2015). Kahden niiton strategiassa hehtaarisadot ovat vaihdelleet 8 457-9 520 kg/ha välillä (Hyrkäs ym. 2012, Hyrkäs ym. 2015, Sairanen 2017). Kolmen niiton strategiassa kaikkien niittojen sadot sekä kokonaissato ovat jääneet pienemmiksi verrattuna kahden niiton strategiaan (Hyrkäs ym. 2012, Hyrkäs ym. 2015, Sairanen 2017).

6.2 Rehujen käymislaatu

Ensimmäisen niiton rehun muita niittoja korkeampi pH johtui muita niittoja korkeammasta kuiva-ainepitoisuudesta, koska rehua oli esikuivatettu pellolla kaksi päivää epävakaiden korjuuolosuhteiden takia. Ylimmäksi hyväksyttäväksi pH-arvoksi on raportoitu 4,4, kun rehun kuiva-ainepitoisuus on 300 g/kg ka (Moisio ja Heikonen 1992, s. 130, 134). Korkeammasta pH:sta huolimatta rehu voi olla laadultaan hyvää, koska rehun suuri sokeripitoisuus ja pieni ammoniumtyppipitoisuus ovat merkki maitohappokäymisestä (Moisio ja Heikonen 1992, s. 130, 134). Ensimmäisen niiton rehun pH oli 4,7, vaikka kuiva-ainepitoisuus oli 307 g/kg ka. Tästä huolimatta käymishappojen sekä ammoniumtypen pitoisuudet olivat matalat ja sokeripitoisuus suuri. Näiden perusteella virhehäyrmistä ei ollut tapahtunut rehussa.

Jälkikasvurehujen pH oli matalampi verrattuna ensimmäisen niiton rehuun pienemmän kuiva-ainepitoisuuden takia. Märkyymisen takia rehujen pH olisi pitänyt saada vielä alhaisemmaksi. Tämän perusteella rehujen laatu oli hyvän ja tyydyttävän rajoilla. Kun rehun kuiva-ainepitoisuus on alle 200 g/kg, hyvän rehun säilönnän saavuttamiseksi rehun pH ei

saisi olla yli 4,0 (Moisio ja Heikonen 1992, s. 134, McDonald ym. 1991, s. 266). Kuitenkin kolmannen niiton rehussa pH oli 4,2, vaikka kuiva-ainepitoisuus oli alle 180 g/kg. Märkydestä, lyhyestä esikuivatusajasta ja korkeasta pH:sta huolimatta kolmannen niiton rehun muut käymislaatua kuvaavat parametrit olivat hyviä.

Pieni kuiva-ainepitoisuus johtaa suurempaan rehun puristenesteen tuotantoon verrattuna kuivempiin rehuihin (McDonald ym. (1991, s 172-177). Tämän seurauksena rehusta poistuu ravintoaineita kuten sokereita ja liukoisia typpiyhdisteitä (McDonald ym. 1991, s. 172-177). Kolmannen niiton rehussa puristenesteen tuotanto oli huomattavaa ja suurempaa verrattuna molempiin muihin rehuihin.

Rehun laadun on raportoitu olevan tyydyttävä, jos ammoniumtypen määrä on yli 80 g/kg N (Moisio ja Heikonen 1992, s. 144). Ammoniumtypen pitoisuus ylitti tämän rajan toisen niiton rehussa. Toisen niiton rehun muita rehuja korkeampi ammoniakkitypen määrä viittaa valkuaisen hajoamiseen säilönnän aikana. Lisäksi rehussa oli myös voimakkaasti maitohappokäyneen rehun ominaisuuksia muita rehuja suuremman maitohappopitoisuuden ja pienemmän sokeripitoisuuden takia. Rehun virheikäymisestä kertoo toisen niiton muita rehuja suurempi VFA-pitoisuus. Koska säilörehut varastoitiin pyöröpaaleissa, oli rehujen laatu epätasaisempaa verrattuna siihen, millainen se olisi voinut olla laakasiiloissa varastoitavissa rehuissa.

6.3 Säilörehujen kemiallinen koostumus

6.3.1 Kuiva-aine

Ensimmäisen niiton rehu oli kuivempaa jälkikasvurehuihin verrattuna, johtuen eroista sääolosuhteissa. Ensimmäisen ja toisen niiton rehujen korjuun aikana sää oli epävakainen, mutta toisen niiton rehu pitkästä kahden vuorokauden esikuivatusajasta huolimatta ei kuivunut tarpeeksi. Kolmannen niiton rehun niittosää oli aurinkoinen ja poutainen, mutta edellisen päivän sateen ja lyhyen sekä tuulettoman esikuivatuksen aikana rehu ei ehtinyt kuivua. Lisäksi ensimmäisen sadon kokonaissademäärä oli moninkertaisesti pienempi jälkikasvusatoihin verrattuna. Kaikissa niitoissa pyöröpaalien väliset kuiva-ainepitoisuudet vaihtelivat.

6.3.2 Sulavan orgaanisen aineen pitoisuus kuiva-aineessa (D-arvo)

Ensimmäisen ja kolmannen niiton rehujen suuremmat D-arvot toisen niiton rehuun verrattuna johtuivat todennäköisesti ensimmäisen ja kolmannen rehusadon aikaisesta viileämmästä säästä ja hitaammasta D-arvon laskusta toiseen rehusatoon verrattuna. Keskilämpötila ja kasvupäivien määrä kolmannessa niitossa oli suurempi verrattuna ensimmäiseen niittoon, mikä voi selittää eroa D-arvossa näiden niittojen välillä. Lisäksi ero voi johtua siitä, että rehujen D-arvo laskettiin in vitro pepsini-sellulaasimenetelmää käyttäen, jossa ensimmäisen ja kolmannen niiton rehuille käytetään eri korjauskaavoja (Nousiainen ym. 2003, Huhtanen 2006).

Aikaisemmin D-arvoiksi on raportoitu ensimmäisessä niitossa 701-735 g/kg ka, toisessa 650-747 g/kg ka ja kolmannessa 701-740 g/kg ka (Heikkilä ym. 1998, Kuoppala ym. 2004, Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2008, Sairanen ja Juutinen 2012, Hyrkäs ym. 2012; Salo ym. 2014, Pang ym. 2016, Huuskonen ja Pesonen 2017, Luke 2017). Kaikissa niitoissa rehujen D-arvot olivat pienempiä kuin nämä aikaisemmissa tutkimuksissa raportoidut eri niittojen D-arvot. Lisäksi optimaaliseksi kaikkien niittojen rehujen D-arvoksi korjuuaikana on raportoitu 680-700 g/kg ka (Hyrkkään ym. 2012). Tähän tavoitteeseen päästiin ensimmäisessä ja kolmannessa niitossa, mutta toisessa niitossa D-arvo oli tätä pienempi.

6.3.3 Kuitu

Toisen niiton rehun NDF-pitoisuus oli korkeamman keskilämpötilan takia suurempi kuin molempien muiden rehujen. Kolmannen niiton rehun muita niittoja pienempi NDF-pitoisuus oli odotettavissa, koska syksyllä ligniinin osuus soluseinämästä on pienempi kuin aiemmin kasvukaudella (Van Soest 1994, s. 85). Lisäksi syksyllä Suomen pohjoisen sijainnin takia lämpötilat, ja siten rehun NDF-pitoisuus ovat usein alemmat muihin niittoihin verrattuna (Van Soest 1994, s. 85, Sairanen ym. 2016, Lee ym. 2017).

Kolmannen niiton rehuun voi liittyä alhainen kuitupitoisuus, mikä voi johtaa pötsin toiminnan häiriöihin ja löysän sonnan muodostumiseen (Sairanen ja Juutinen 2012). Pieni NDF-pitoisuus ei kuitenkaan vaikuta ruokintaan negatiivisesti, jos käytettävä väkirehutaso ei ole liian suuri (Heikkilä ym. 1998, Sairanen ja Juutinen 2012). Tässä tutkimuk-

sessä lehmillä oli myös jonkin verran havaittavissa löysän sonnan muodostumista. Säilörehun NDF-pitoisuuden osuuden alarajaksi koko dieetin kuiva-aineesta on raportoitu 250 g/kg ka (Sairanen 2016). Tämä raja-arvo ylittyi ensimmäisen ja toisen niiton rehujen lisäksi myös kolmannen niiton rehussa, vaikka kolmannen niiton rehun NDF-pitoisuus oli muita rehuja pienempi.

NDF-pitoisuus on yleensä ollut ensimmäisen niiton rehussa 498-563 g/kg ka, toisen niiton rehussa 513-560 g/kg ka ja kolmannessa niitossa 434-510 g/kg ka (Heikkilä ym. 1998, Kuoppala ym. 2004, Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2008, Sairanen ja Juutinen 2012, Salo ym. 2014, Hyrkäs ym. 2016, Sairanen 2017, Luke 2017). Ensimmäisessä ja toisessa niitossa NDF-pitoisuus oli näihin arvoihin verrattuna keskimääräinen ja kolmannessa niitossa keskimääräistä suurempi.

6.4 Säilörehujen syönti

Ensimmäisen niiton ruokinnassa rehun syönti ja ME-saanti olivat jälkikasvurehuja suurempia niitä suuremman kuiva-ainepitoisuuden, D-arvon ja rehun ME-pitoisuuden takia. Suurempaa syöntiä ensimmäisen niiton rehussa ennusti hyvin jälkikasvurehuja suurempi syönti-indeksi. Säilörehun korkea D-arvo lisää rehujen syöntiä, mutta suuri ammoniumtypen pitoisuus ja pieni kuiva-ainepitoisuus vähentävät syöntiä (McDonald ym. 1991, s. 255-256, Huhtanen ym. 2002, Huhtanen ym. 2007). Kolmannen niiton ruokinnan syönti oli pienemmän D-arvon, kuiva-ainepitoisuuden ja syönti-indeksin takia pienempi kuin ensimmäisen niiton ruokinnassa. Koejakson vaihtuessa ja lehmien ruokinnan muuttuessa ensimmäisen niiton ruokinnasta kolmannen niiton ruokintaan vähentyi myös näiden lehmien syönti. Toisen niiton ruokintaan verrattuna kolmannen niiton ruokinnassa syönti oli pienempää huolimatta suuremmasta D-arvosta ja syönti-indeksistä sekä pienemmistä ammoniumtyppi- ja NDF-pitoisuuksista. Useissa tutkimuksissa kolmannen niiton ruokinnassa rehun syönnin on raportoitu olevan pienempi myös toisen niiton ruokintaan verrattuna (Heikkilä ym. 1998, Sairanen ja Juutinen 2013, Sairanen ym. 2016, Sairanen 2017, Huuskonen ja Pesonen 2017).

Kolmannen niiton ruokinnassa rehun pienempi syönti toisen niiton ruokinnan rehun syöntiin verrattuna johtui luultavasti kolmannen niiton rehun pienemmästä kuiva-ainepitoisuudesta sekä märkyyteen liittyvästä tunteamattomasta tekijästä. Tätä tekijää ei kuitenkaan

saatu selville tutkimuksessa. Kolmannen niiton vähentynyt syönti ei silti aina johdu märekydestä. Huuskosen ja Pesosen (2017) lihanautatutkimuksessa kolmannen niiton ruokinnassa rehua syötiin vähemmän, mitä syönti-indeksin perusteella odotettiin, vaikka kolmannen niiton rehu oli muita rehuja kuivempaa.

Kokonaiskuiva-aineen (seosrehu ja väkirehukioskiohra) syönnissä ei ollut merkitsevää eroa jälkikasvurehujen välillä. Tämä johtui luultavasti siitä, että kolmannen niiton ruokinnan lehmät söivät paremmin väkirehukioskista saatua ohraa verrattuna toisen niiton ruokinnan lehmiin. Toisen ja kolmannen niiton ruokintojen lehmien korjatun ME:n saanti oli yhtä suurta, vaikka kolmannen niiton rehun ME-pitoisuus oli suurempi ja säilörehun syönti pienempi verrattuna toisen niiton ruokintaan.

Jälkikasvurehujen pienemmän syönnin verrattuna ensimmäisen niiton ruokintaan on arveltu johtuvan jälkikasvurehujen huonommasta laadusta (Kuoppala ym. 2008). Lisäksi vaikuttavia tekijöitä ovat pötsin fyysiset rajoitteet sekä toisen niiton rehun suurempi NDF-pitoisuus verrattuna ensimmäisen niiton rehuun (Kuoppala ym. 2008). Kuitenkin kasvustohavaintojen perusteella kolmas niitto oli tervettä eikä niitto eronnut toisesta sadosta ulkoisesti. Aiemmin on todettu, että Suomessa ei ole tunnistettu syksyisin esiintyviä nurmeen vaikuttavia tauteja, jotka voivat vaikuttaa negatiivisesti rehujen ravintoarvoon ja syöntiin (Rinne 2000). Sen sijaan toisen sadon niittokorkeus oli pienempi verrattuna ensimmäisen niiton satoon, minkä takia toinen niitto sisälsi tavanomaista enemmän juuriheinää.

6.5 Maitotuotos ja maidon pitoisuudet

Ensimmäisen ja kolmannen niiton ruokinnoissa maitoa tuotettiin yhtä paljon ja enemmän kuin toisen niiton ruokinnassa, mikä vastasi aikaisempia tutkimuksia (Heikkilä ym. 1998, Kuoppala ym. 2008, Sairanen ja Juutinen 2012 ja 2013, Sairanen ym. 2016, Pang ym. 2016). Maitotuotos on riippuvainen ME:n saannista, ME:n hyväksikäytöstä sekä säilörehun syönnistä (Huhtanen ym. 2007, Kuoppala ym. 2008). Vaikka kolmannen niiton ruokinnassa lehmien ME-saanti ja rehujen syönti olivat pienempiä verrattuna ensimmäisen niiton ruokinnan lehmiin, olivat maitotuotokset molemmissa ruokinnoissa yhtä suuret. Tämä johtui todennäköisesti kolmannen niiton ruokinnan lehmien paremmasta ME:n hyväksikäytöstä maidontuotantoon verrattuna ensimmäisen niiton ruokinnan lehmiin. Suuremman syönnin perusteella ensimmäisen niiton ruokinnassa maitotuotoksen olisi pitänyt

olla suurempi kuin kolmannen niiton ruokinnassa. Toisen niiton ruokinnassa sen sijaan maitotuotos oli pienempi muihin ruokintoihin verrattuna. Yhtä suurien kokonaiskuiva-aineen syönnin ja ME:n hyväksikäytön perusteella maitotuotoksen olisi pitänyt olla toisen niiton ruokinnassa yhtä suuri verrattuna kolmannen niiton ruokintaan.

Vaikka ensimmäisen ja kolmannen niiton ruokinnoissa lehmien maitotuotos oli yhtä suuri, lehmien EKM-tuotos oli ensimmäisen niiton ruokinnassa suurempi kuin kolmannen niiton ruokinnassa. Tämä johtui suuremmasta maidon rasvapitoisuudesta, rehun syönnistä sekä ME-saannista ensimmäisessä kuin kolmannen niiton ruokinnassa. Myös aikaisemmissa tutkimuksissa on saatu samanlaisia tuloksia (Kuoppala ym. 2008, Pang ym. 2016, Sairanen ym. 2016, Huuskonen ja Pesonen 2017). EKM-tuotosten olisi pitänyt olla lähes yhtä suuria, koska molempien rehujen D-arvot ja ME-pitoisuus olivat lähes samansuuruisia. Myös aiemmissa tuloksissa kolmannen niiton ruokinnan lehmien EKM-tuotos on ollut pienempi, mitä rehun sulavuuden ja energiapitoisuuden perusteella olisi odotettavissa (Sairanen ja Juutinen 2012, Sairanen ym. 2016).

Toisen niiton ruokinnassa myös EKM-tuotos oli maitotuotoksen tapaan pienempi kuin kolmannen niiton ruokinnassa, vaikka säilörehun syönti ja maidon rasvapitoisuus olivat suurempia toisen kuin kolmannen niiton ruokinnassa. Lisäksi ME-saanti oli sekä toisen että kolmannen niiton ruokinnoissa yhtä suurta. Toisen niiton ruokinnan muita ruokintoja pienempi EKM-tuotos johtui näitä huonommasta käymislaadusta, koska ammoniumtyypen, VFA:n ja maitohapon pitoisuuksien lisääntyminen pienentävät EKM-tuotosta (Huhtanen ym. 2003).

Vähentynyt rehun syönti lisää maidon rasvapitoisuutta, koska maitotuotoksen pienentyessä maito sisältää suhteessa enemmän rasvaa (McDonald ym. 2011, s. 434). Kolmannen niiton ruokinnassa maidon rasvapitoisuus kuitenkin laski, koska muita ruokintoja pienempi syönti ei vaikuttanut negatiivisesti maitotuotokseen. Säilörehun pienen kuitupitoisuuden (McDonald ym. 2011, s. 435) sekä lisääntyneiden ammoniumtyppi-, maitohappo- ja VFA-pitoisuuksien lisääntymisen on todettu laskevan maidon rasva- ja proteiinipitoisuuksia (Huhtanen ym. 2003). Kolmannen niiton rehun muita rehuja pienempi NDF-pitoisuus voi selittää pienempää maidon rasvapitoisuutta. Toisen niiton rehun muita rehuja suuremmasta NDF-pitoisuudesta huolimatta maidon rasvapitoisuus oli pienempi kuin ensimmäisen niiton ruokinnassa. Lisäksi toisen niiton ruokinnassa maidon rasva- ja proteiinipitoisuudet olivat pienemmät kuin ensimmäisen niiton ruokinnassa, mikä voi johtua

suuremmista käymishappopitoisuuksista. Sen sijaan kolmannen niiton ruokinnassa maidon muita ruokintoja pienempi rasvapitoisuus ei selittynyt käymishappojen määrällä, koska happopitoisuus oli kolmannen niiton ruokinnassa muita ruokintoja pienempi. Myös seosrehun säilörehu-väkirehu -suhde vaikuttaa maidon rasvapitoisuuteen, ja karkearehun osuuden pienentyessä maidon rasvapitoisuus lisääntyy (McDonald ym. 2011, s. 435). Kaikissa seosrehuissa tämä suhde oli kuitenkin samansuuruinen. Maidon rasvapitoisuuden vaikuttaa myös maitorauhaseen tulevat pötsissä tuotetut haihtuvat rasvahapot (McDonald ym. 2011, s. 435). Tutkimuksessa ei kuitenkaan mitattu haihtuvien rasvahapojen tuotantoa pötsissä.

6.6 Rehujen hyväksikäyttö

Kaikissa ruokinnoissa lehmien EKM-tuotos kuiva-ainekiloa kohden (EKM kg/kg ka) oli keskimääräistä parempi, koska EKM-tuotoksen suhde kuiva-ainekiloa kohden on raportoitu olevan keskimäärin 1,4 EKM kg/kg ka. Tuotostasosta ja tuotoskauden vaiheesta riippuen vaihtelu voi olla suurta ja vaihteluväli on ollut 1,06-1,8 EKM kg/kg (Hall 2013, Pro Agria 2017, Sairanen 2017).

Jälkikasvurehuruokintojen lehmien ME:n hyväksikäyttö maidontuotantoon oli tehokkaampaa verrattuna ensimmäisen niiton ruokintaan. Jälkikasvuruokintojen pienempää syöntiä ja energian saantia verrattuna ensimmäisen niiton ruokintaan pystyttiin korvaamaan energian hyväksikäyttöä tehostaen. Aikaisemmissa tutkimuksissa on todettu, että ME:n hyväksikäyttö paranee, kun riittämätöntä energiansaantia rehusta kompensoidaan purkaen energiaa kudoksista (Connor ym. 2012, Sairanen ym. 2016). Ruokintojen välillä ei ollut eroa lehmien elopainoissa, vaikka jälkikasvuruokintojen ME:n hyväksikäytöt maidontuotantoon olivat paremmat verrattuna ensimmäisen niiton ruokintaan.

Kaikkien ruokintojen ME:n hyväksikäytöt vastasivat lehmien keskimääräistä hyväksikäyttöä, sillä ME:n hyväksikäytön maidontuotantoon on raportoitu olevan keskimäärin 0,60-0,62. Eri tutkimuksissa ensimmäisen niiton ruokinnan lehmien hyväksikäyttö on ollut 0,56-0,62, toisen niiton ruokinnan 0,59 ja kolmannen niiton ruokinnan lehmien 0,57-0,61 (Heikkilä ym. 1998, Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2008, McDonald ym. 2011, s. 277).

Maito sisälsi enemmän ureaa toisen niiton ruokinnassa verrattuna ensimmäisen niiton ruokintaan. Lisäksi maidon ureapitoisuus oli ensimmäisen niiton ruokinnassa suurempi kuin kolmannen niiton ruokinnassa. Tätä selittää ensimmäisen ja toisen niiton rehujen suurempi raakavalkuaispitoisuus verrattuna kolmannen niiton rehuun. Vaikka ensimmäisen ja toisen niiton rehujen raakavalkuaispitoisuudet olivat yhtä suuret, toisen niiton ruokinnassa maidon ureapitoisuus oli ensimmäisen niiton ruokintaa suurempi. Myös kolmannen niiton ruokinnan muita ruokintoja parempi rehutypen käytön tehokkuus maidontuotantoon johti molempia muita ruokintoja pienempään maidon ureapitoisuuteen. Kolmannen niiton ruokinnan parempi typen käytön tehokkuus muihin ruokintoihin verrattuna johtui myös muita rehuja pienemmistä ammoniumtyypipitoisuudesta ja PVT-arvosta. Säilörehun PVT:n sekä ammoniumtypen pitoisuuksien lisääntyminen johtavat typen käytön tehokkuuden heikentymiseen (Khalili ym. 2005, Huhtanen ym. 2008, McDonald ym. 2011, s. 417).

Ensimmäisen ja toisen niiton ruokinnassa typen hyväksikäytöt vastasivat aikaisemmin raportoituja arvoja ja kolmannen niiton ruokinnassa hyväksikäyttö oli aiemmin raportoitua suurempi. Aikaisemmissa tutkimuksissa ensimmäisen niiton ruokinnan lehmien typen hyväksikäyttö on ollut 0,254-0,304, toisen niiton ruokinnan 0,283-0,310 ja kolmannen niiton ruokinnan lehmien 0,262 (Heikkilä ym. 1998, Khalili ym. 2005, Kuoppala ym. 2008).

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Hypoteesin vastaisesti kolmannen niiton rehun D-arvo oli pienempi kuin ensimmäisen niiton rehussa. Aikaisemmista tutkimuksista poiketen kolmannen niiton rehun energia-arvo oli pienempi kuin ensimmäisen niiton rehun. Tästä huolimatta kolmannen niiton ruokinnan lehmien maitotuotos oli yhtä suuri verrattuna ensimmäisen niiton ruokintaan. Lehmien EKM-tuotos sen sijaan oli kolmannen niiton ruokinnassa rehuarvon mukaisesti pienempi kuin ensimmäisen niiton ruokinnassa.

Muita rehuja pienemmän kuiva-ainepitoisuuden takia sekä rehun märkyyteen liittyen kolmannen niiton ruokinnassa säilörehun syönti oli pienempi verrattuna muihin ruokintoihin. Syönti oli myös pienempää mitä oli odotettu säilörehun syönti-indeksin perusteella. Vaikka ensimmäisen niiton ruokinnassa syönti oli muita ruokintoja suurempi, ensimmäisen ja kolmannen niiton ruokintojen maitotuotos oli yhtä suuri. Tämä johtui kolmannen

niiton ruokinnan lehmien laskennallisesti tehokkaammasta ME:n hyväksikäytöstä maidontuotantoon verrattuna ensimmäisen niiton ruokintaan. Kolmannen niiton ruokinnassa lehmien maitotuotos oli suurempi kuin toisen niiton ruokinnassa. Kolmannen niiton ruokinnan pienempi syönti ja ME:n saanti johtivat pienempään maidon rasvapitoisuuteen kuin ensimmäisen niiton ruokinnassa. Tämän seurauksena ensimmäisen niiton ruokinnan EKM-tuotos oli suurempi verrattuna kolmannen niiton ruokintaan. Tulosten perusteella kolmannen niiton rehun voidaan hyvin käyttää maidontuotannossa.

Jotta kolmannen niiton rehun todellinen syönti- ja maitotuotospotentiaali saataisiin selville, tulisi kaikkien niittojen olla tasavertaisia sääolosuhteissa. Tämä on kuitenkin vain harvoin mahdollista, minkä takia jatkossa kaikkia kolmea niittoa vertailevia ruokintakoikeita tulisi tehdä enemmän. Lisäksi tulisi selvittää rehujen vaikutuksia elopainon muutokseen sekä kudosvarojen käyttöä maidontuotantoon.

LÄHTEET

Allen, M. S. 1996. Relationship between forage quality and dairy cattle production. *Animal Feed Science and Technology* 59: 51-60.

AOAC 1990. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists, Inc., Arlington, VA. s. 1298 ISBN 0-935584-42-0.

Cabezas-Garcia, E. H., Krizsan, S. J., Shingfield, K. J. & Huhtanen, P. 2017. Effects of replacement of late-harvested grass silage and barley with early-harvested silage on milk production and methane emissions. *Journal of Dairy Science* 100: 5228-5240.

Connor, E. E., Hutchison, J. L., Olson, K. M. & Norman, H. D. 2012. Triennial lactation symposium: Opportunities for improving milk production efficiency in dairy cattle. *Journal of Animal Science* 90: 1687-1694.

Friedel, K. 1990. Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfutter mit Hilfe einer Cellulasemethode. [The estimation of the energetic feeding value of roughages by means of a cellulase method]. *Wissenschaftliche Zeitung Universität Rostock, N-Reihe* 39, 78-86.

Gustavsson, A-M. & Martinsson, G. 2004. Seasonal variation in biochemical composition of cell walls, digestibility, morphology, growth and phenology in timothy. *European Journal of Agronomy* 20: 293-312.

Haacker, K., Block, H.J. & Weissbach, F. 1983. Zur kolorimetrischen Milchsäurebestimmung in silagen mit p-Hydroxydiphenyl. [On the colometric determination of lactic acid on silages with p-hydroxydiphenyl]. *Archiv für Tierernährung* 33: 505-512.

Hall, M. B. 2013. What you feed vs. what you get: Feed efficiency as an evaluation tool. Department of Animal Sciences, University of Florida, Gainesville. 7 s.

Heikkilä, T., Toivonen, V. & Huhtanen, P. 1998. Effect of spring and autumn silage, protein and concentrate level on milk production. Teoksessa: Nagy, G. & Petö, K (toim.). *Ecological Aspects of Grassland Management (Proceedings of the 17th General Meeting of the Grassland Federation, May 18-21, Debrecen, Hungary)*. *Grassland Science in Europe* 3: 717-721.

Huhtanen, P., Khalili, H., Nousiainen, J., Rinne, M., Jaakkola, S., Heikkilä, T. & Nousiainen, J. 2002. Prediction of the relative intake potential of grass silage by dairy cows. *Livestock Production Science* 73: 111-130.

Huhtanen, P., Nousiainen, J., Khalili, H., Jaakkola, S. & Heikkilä, T. 2003. Relationships between silage fermentation characteristics and milk production parameters: analyses of literature data. *Livestock Production Science* 81: 57-73.

Huhtanen, P., Nousiainen, J. & Rinne, M. 2006. Recent developments in forage evaluation with special reference to practical applications. *Agricultural and Food Science* 15:293-323.

Huhtanen, P., Rinne, M., Nousiainen, J. 2007. Evaluation of the factors affecting silage intake of dairy cows: a revision of the relative silage dry-matter intake index. *Animal* 1: 758-770.

Huida, L., Väätäinen, H. & Lampila, M. 1986. Comparison of dry matter contents in grass

silages as determined by oven drying and gass chromatographic water analysis. *Annales Agriculturae Fennicae* 25: 215-230.

Huuskonen, A. & Pesonen, M. 2017. A Comparison of first-, second- and third-cut timothy silages in the diets of finishing beef bulls. *Agricultural and Food Science* 26: 16-24.

Hyrkäs, M., Sairanen, S., Virkajärvi, P. & Suomela, R. 2012. Säilörehun korjuuajan vaikutus nurmisadon määrään ja laatuun. Teoksessa: *Nurmesta se kaikki lähtee. Karjatilán kannattava peltoviljely. Karpe-hanke 2009-2012. Loppuraportti.* 36 s.

Hyrkäs, M., Sairanen, A., Kykkänen, S., Virkajärvi, P. & Isolahti, M. 2015. Different harvesting strategies and cultivar mixtures for grass silage production in Finland. Teoksessa: Van den Pol- Van Dasselaar, A., Aarts, H. F. M., De Vliegher, A., Elgersma, A., Reheul, D., Reijneveld, J. A. Verloop, J. & Hopkins, A (toim.). *Grassland and forages in high output dairy farming systems (Proceedings of the 18th Symposium of the European Grassland Federation, June 15-17 2015, Wageningen, The Netherlands): Grassland Science in Europe* 20: 239-241.

Hyrkäs, M., Sairanen, A., Virkajärvi, P., Toivakka, M. & Suomela, R. 2016. The Development of yield and digestibility of the third cut of grass silage in Finland. Teoksessa: Höglind, M., Bakken, A. K., Hovstad, K. A., Kallioniemi, E., Riley, H., Steinshamn, H. & Østrem, L (toim.). *The multiple roles of grassland in the European bioeconomy (Proceedings of the 26th general meeting of the European Grassland Federation, September 4-8 2016, Trondheim, Norway). Grassland Science in Europe* 21: 498-500.

Khalili, H., Sairanen, A., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2005. Effects of silage made from primary or regrowth grass and protein supplementation on dairy cow performance. *Livestock production Science* 96: 269-278.

Kuoppala, K., Rinne, M., Ahvenjärvi, S., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2004. Digestion kinetics of NDF in dairy cows fed silages from primary growth and regrowth of grass. *Journal of Animal and Feed Science* 13: 127-130.

Kuoppala, K., Rinne, M., Nousiainen, J. & Huhtanen, P. 2008. The effect of cutting time of grass silage in primary growth and regrowth and the interactions between silage quality and concentrate level on milk production of dairy cows. *Livestock Science* 116: 171-182.

Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S., Rinne, M., Vanhatalo, A. 2009. Effect of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 2. Dry matter intake and cell wall digestion kinetics. 2009. *Journal of Dairy Science* 92: 5634-5644.

Kuoppala, K., Rinne, M., Ahvenjärvi, S., Nousiainen, P. & Huhtanen, P. 2010. The effects of harvesting strategy of grass silage on digestion and nutrition supply in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 93: 3253-3263.

Lee, M. A., Davis, A. P., Chagunda, M. G. G. & Manning, P. 2017. Forage quality declines with rising temperatures, with implications for livestock production and methane emissions. *Biogeosciences* 14: 1403-1417.

Luke 2017. Rehutaulukot ja ruokintasuositukset. Luonnonvarakeskus. Viitattu 13.8.2017. Saatavissa: <http://www.luke.fi/rehutaulukot>.

McCullough, H. 1967. The determination of ammonia in whole blood by direct colorimetric method. *Clinica Chimica Acta* 17: 297-304.

McDonald, P., Henderson, A. R. & Heron, S. J. E. 1991. *The Biochemistry of Silage*. Chalcombe publications. Aberystwyth, UK, Cambrian Printers Ltd. 2. painos. ISBN 0 948617 22 5. 340 s.

McDonald, P., Edwards, R. A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A. & Wilkinson, R. G. 2011. *Animal Nutrition*. Prentice Hall, UK: Clays Ltd, St Ives plc. 7. painos. ISBN 978 1 4082 0423 8. 692 s.

Moisio, T. & Heikonen, M. 1992. *AIV-rehun perusteet*. Kirjayhtymä Oy Helsinki. Painettu: Tammer-Paino Oy, Tampere. ISBN 951-26-3772-3. 170 s.

Mäntysaari, P., Liinamo, A-E., Negussie, E., Nyholm, L., Nousiainen, J., Ahvenjärvi, S., Mikkola, M., Huhtanen, P., Mäntysaari, E. & Strandén, I. 2010. Lehmien energiatasapainon ja rehunkäyttökyvyn mittaaminen. Lehmän rehunkäyttökyky 1.1.2006 – 31.3.2010. MTT Loppuraportti. 37 s.

Nousiainen, J., Rinne, M., Hellämäki, M. & Huhtanen, P. 2003. Prediction of the digestibility of primary growth of grass silages harvested at different stages of maturity from chemical composition and pepsin-cellulase solubility. *Animal Feed Science and Technology* 103: 97-111.

Pang, D., Huhtanen, P. & Krizsan, S. J. 2016. Effect of grass silages from regrowth on dairy cow performance (Proceedings of the 7th Nordic Feed Science Conference, June 14-15 2016, Uppsala, Sweden). Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Animal Nutrition and Management 293: 97-101.

Pro Agria 2017

https://www.proagria.fi/sites/default/files/attachment/tuse_karjojen_rehustus_vuonna_2016_huhtamaki_tuija_net.pdf. Ruokinta tuotosseurantatiloilla vuonna 2016. Huhtamäki, T. Esitys maidontuotannon tulosseminaarissa 29.3.2017. Viitattu 6.1.2018.

Rinne, M. 2000. Influence of the timing of the harvest of primary grass growth on herbage quality and subsequent digestion and performance in the ruminant animal. University of Helsinki, Dept. of Animal Science, Publications 54.

Rinne, M., Huhtanen, P. & Nousiainen, J. 2008. Säilörehun ja koko rehuannoksen syöntiindeksit auttavat lypsylehmien ruokinnan suunnittelussa. Maataloustieteiden päivät 2008.

Sairanen, A. & Juutinen, E. 2012. Säilörehun korjuuajan vaikutus lehmien säilörehun syöntiin ja maitotuotokseen. Teoksessa: Nurmesta se kaikki lähtee. Karjatilan kannattava peltoviljely. Karpe-hanke 2009-2012. Loppuraportti. 36 s.

Sairanen, A. & Juutinen, E. 2013. Feeding value of late autumn cut timothy-meadow fescue silage under Nordic conditions. Teoksessa: Helgadottir, A. & Hopkins, A. (Toim.). The role of grasslands in a green future: threats and perspectives in less favoured areas

(17th symposium of the European Grassland Federation, June 23-26 2013, Akureyri, Iceland). Grassland Science in Europe 18: 267-269.

Sairanen, A., Palmio, A. & Rinne, M. 2016. Milk production potential of regrowth grass silages. Teoksessa: Hoglind, M., Bakken, A. K., Hovstad, K. A., Kallioniemi, E., Riley, H., Steinshamm, H. & Ostrem, L. The multiple roles of grassland in the European bioeconomy (Proceedings of the 26th General Meeting of the European Grassland Federation, September 4-8 2016, Trondheim, Norway). Grassland Science in Europe 21: 379-381.

Sairanen, A. 2017. Säilörehun jälkisatojen vertailu. Teoksessa: Nurmirehujen syönti- ja kasvumallien hyödyntäminen maidontuotannossa (MalliNurmi 1.1.2014-31.3.2017). Loppuraportti 31.3.2017. 30 s.

Salo, T., Eurola, M., Rinne, M., Seppälä, A., Kanerva, J. & Kousa, T. 2014. The effect of nitrogen and phosphorus concentrations on nutrient balances of cereals and grass silage. MTT Report 147. MTT Agrifood Research Finland, Jokioinen, Finland.

Sjaunja, L.O., Baevre, L., Junkarinen, L., Pedersen, J. & Setälä, J. 1990. A Nordic proposal for an energy corrected milk (ECM) formula. Teoksessa P. Gaillon & Y. Chabert (toim). Performance Recording of Animals: State of the Art-1990. PUDOC, Wageningen, Alankomaat: EAAP Publication no. 50: 156–157.

Thorvaldsson G., Tremblay G.F. and Kunelius H.T. 2007. The effects of growth temperature on digestibility and fibre concentration of seven temperate grass species. Acta Agriculturae Scandinavica. Section B, Plant Soil Science 57: 322-328.

Vanhatalo, A., Kuoppala, K., Ahvenjärvi, S. & Rinne, M. 2009. Effects of feeding grass or red clover silage cut at two maturity stages in dairy cows. 1. Nitrogen metabolism and supply of amino acids. Journal of Dairy Science 92: 5620-5633.

Van Soest, P., Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. Journal of Dairy Science 74: 3583-3597.

Van Soest, P. 1994. Nutritional Ecology of the Ruminant. Ithaca, New York, USA: Cornell University Press. 2. painos. ISBN 0 8014 2772 X. 476 s.

Waghorn, G. C. & Clark, D. A. 2004. Feeding value of pastures for ruminants. New Zealand Veterinary Journal 52: 320-331.